

季刊

消防防災の科学

夏
2018

特集

消防・防災と人工知能（AI）

133

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



宝くじは、 みなさまの豊かな暮らしに 役立っています。



宝くじは、図書館や動物園、学校や公園の整備をはじめ、少子高齢化対策や災害に強い街づくりまで、さまざまなかたちで、みなさまの暮らしに役立っています。

一般財団法人 日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<http://jla-takarakuji.or.jp/>

平成30年 7 月豪雨



岡山県総社市 浸水が原因と見られる爆発現場
(2018年 7 月18日撮影)



岡山県総社市 爆発した工場周辺の民家
(2018年 7 月18日撮影)

平成30年 7 月豪雨



広島県呉市安浦町市原地区の様子
(2018年 7 月14日撮影)



広島県安芸郡熊野町川角地区の様子
(2018年 7 月14日撮影)

消防防災の科学

No.133 2018. 夏

巻頭随想

人工知能学会会長の2年間を振り返る
—公約の観点から—

国立情報学研究所・総合研究大学院大学・東京工業大学 山田 誠二 4

特集 消防・防災と人工知能（AI）

- 1 自然災害大国のレジリエンスの強化
東京大学地震研究所 教授 堀 宗朗 6
- 2 石油化学コンビナート火災・爆発対応のための消防ロボットシステムの研究開発
消防庁消防研究センター 天野 久徳 10
- 3 レスキューロボットの現状と課題
京都大学工学研究科 機械理工学専攻 教授
NPO国際レスキューシステム研究機構 副会長 松野 文俊 16
- 4 電腦防災コンソーシアムによる防災・減災イノベーション
慶應義塾大学環境情報学部准教授（有期） 山口 真吾 21
- 5 防災・減災分野からのAI技術への期待
国立研究開発法人防災科学技術研究所 総合防災情報センター長 臼田 裕一郎 27
- 6 米国におけるAIによる消防支援システムの研究開発について
一般社団法人 日本防災教育訓練センター 代表理事 サニーカミヤ 31

■コラム

原子力災害時における段階的避難の実現の難しさに関する一考察
福島大学行政政策学類 佐々木 康文 40

■災害レポート

地域防災のイノベーション
岐阜大学流域圏科学研究センター 准教授 小山 真紀 45

■防災レポート

消防力の強化充実に向けての四日市消防の取り組み
四日市市消防本部 50

■連載講座

連載（第39回）
衛生思想普及の先駆者・松本良順 …………… 作家 童門 冬二 55
地域防災実戦ノウハウ（96）— 豪雨災害時の市町村の対応上の留意点（補足）— …………… 日野 宗門 57

火災原因調査シリーズ（89）

ノンオイルフライヤーから出火した事例
横浜市消防局瀬谷消防署 飯野 宣昭 61

編集後記 …………… 73

カラーグラビア

平成30年7月豪雨
岡山県総社市（7/18）
広島県呉市安浦町市原地区（7/14）
広島県安芸郡熊野町川角地区（7/14）

人工知能学会会長の2年間を振り返る ー公約の観点からー

国立情報学研究所・総合研究大学院大学・東京工業大学 山田 誠 二

2016年6月に慶應義塾大学日吉キャンパスの来往舎で（一社）人工知能学会の総会が開催され、そのとき私は2年任期の会長に就任した。そして、本年2018年6月27日の総会において、無事に会長としての任期を終えたのである。この2年の間、人工知能AIは1960年代の第1次ブーム、1980年代の第2次ブームを経てきた第3次AIブームの真っ只中にあり、現在もまだブームは続いているように感じている。会長の2年間には、想定していなかった課題がいくつか発生し、その解決に苦勞したこともあったが、優秀な理事、事務局の方々の協力を得て、おかげさまでなんとか乗り切ることができた。大変感謝している。会長就任の2年前に副会長に就任しており、（アカデミアからの）副会長は次の会長になることになっていたもので、ある意味、会長の見習い期間として副会長の2年を務めた。会長の任期の2年間は短く、会長として何かを成すには、会長になる前にプランを立てて、それを会長就任と同時に実行開始する必要があった。そのため、会長就任の前から公約とも言えるべきことをいくつか考えていた。そして、会長就任とともにそれらを発信し、実行を開始した。

公約の1つめは、日本発の新しいオリジナルの研究分野の確立をサポートすることだった。これは私がAIの研究を始めた20年以上前からずっと感じていた、日本の人工知能研究に対する不満を解消することでもあった。他の情報系の分野でも

似たような状況かと思うが、とにかく日本の研究者は、欧米、特にアメリカ発の新しい研究分野に後から参入するケースが多く、そのようなタイプの研究者を日本人研究者同士でも崇める風潮があると個人的には感じていた。もちろん、そのようなタイプの研究者を全面否定する気はないが、欧米で流行っている研究とは一線を画して、オリジナリティの高い研究を日本から発信する研究者がもっとも出てきて欲しいと考えていた。私自身はそのような意識を持って、ヒューマンエージェントインタラクションHAIという日本発進の研究分野を開拓し、国際会議を毎年開催するところまで成長した自負と経験があった。そこで、今度は人工知能学会会長として、日本発の研究分野を推し進めるお手伝いができればと考えた。その成果は、学会最大のイベントである全国大会におけるオーガナイズドセッションの評価基準においてオリジナリティを重視するという形で実現されている。実際に日本発の研究分野が出てくるのは、何年かはかかるであろうが、ひとつでも日本発のものがでないかと期待している。

そして、公約の2つめは、大学と企業のコラボレーションの促進であった。言うまでもなく現在の第3次AIブームを牽引しているのは、ディープラーニングに代表される機械学習のIT企業による応用である。この機械学習の応用は、取りも直さず企業と大学、ビジネスとアカデミアのコラボレーションが進めていることは明らかだが、ま

だ日本ではそのコラボレーションが不十分だと考えられる。よって、学会として、そのような大学と企業のコラボレーションを促進することを目指したわけである。幸い人工知能学会を実質的に運営・統括している理事会（25名前後の理事で構成）は、大学と企業からの理事が半々であることが、この公約実現のためにいい具合に働いた。これもまた、全国大会において、企業でのAI導入例を報告していただき、その場で大学と企業のコラボレーションを促進する、これまでなかったインダストリアルセッションを大幅に導入した。このセッションの効果は予想以上で、特に最近上司からAIの導入をせつつかれて全国大会に参加されてるエンジニアやビジネスパーソンの方々の受け皿的役割も大きく、インダストリアルセッションはほぼすべて満員の盛況ぶりであった。この中から、今後は実際に大学と企業との共同研究や大学から企業への技術指導などが生まれていくものと大いに期待している。

3つめは、会長選出手続きの大きな改革であった。これは、学会内の手続き変更に関するものであった。人工知能学会は2017年に創立30周年を迎えたが、その間16代にわたる歴代会長はすべて大学、研究機関などのアカデミアからの選出であった。もちろん、そのような内規にはさまざまな理由や背景があった。しかし、現在の第3次AIブームが企業での応用が牽引している点、さらにはAIもひとつのテクノロジーであり、テクノロジーは企業によって社会導入、社会還元されてこそ意味があるという考えが昨今特に強まっていることを鑑みるに、いつまでも会長選出をアカデミアからに縛ることは時代のニーズに合っていないという思いがあった。このようなことから、会長がアカデミア、企業のどちらからでも等しく選出できるような制度に変えることを考えた。具体的な手続きの変更は、学会の定款の改訂にまで及ぶことになったが、その基本的な部分は、副会長のとき、マイアミの国際会議での空き時間に小野田

崇教授（青山学院大学）と密に議論して決めたものであった。その後、次期副会長という1年の会長見習いの担務を導入するに至るまでの紆余曲折をへて、今回の総会における定款改定をもってこの会長選出の変革が実現した。そして、その新しい選出手続きにより、浦本直彦新会長が企業から選出されたのである。

最後である4つめの公約は、「研究する会長」を目指すことであった。これは、多分に個人的な目標であり、研究人生の終盤を迎えつつある私にとっては大事な目標であった。人工知能学会の会長になる年代（50歳代）の研究者にとって、会長任期の2年間は貴重な2年である。いくら会長職が相当の激務であるといっても、本業の研究をおろそかにすることは問題があるし、個人的にはそれは許されないと感じていた。よって、「研究する会長」を目指すことにして、そのことを肝に銘じるためにある時の学会パーティでの挨拶でこのことをお話しした。その後、会長任期の2年間においては、私の研究室の大学院生、他大学の共同研究者のみなさんのおかげもあり、会長の任期以前にも増して目指していたトップカンファレンスやジャーナルへの投稿論文がアクセプトされるなどの成果をあげることができた。このことについて、彼らにとっても感謝している。

以上、消防防災とは関係のない、人工知能学会会長としての2年間について振り返らせていただいた。一方、AIと防災については、マルチエージェントシステムの研究において、災害が起こったときに避難する人達はどのような行動をとるのか、またその避難行動を最適に誘導するにはどうすればいいのかという問題の解決のためにシミュレーションが行われている。そこでは、人間一人一人の行動をいかにモデル化するかが課題となるが、それについて様々なアプローチをとる研究がある。このあたりについては、また別の機会があれば紹介できばと思う。

□自然災害大国のレジリエンスの強化

東京大学地震研究所 教授 堀 宗 朗

1. はじめに

プレート境界に位置する我が国は、地震・火山噴火の発生頻度は高く、津波も脅威である。気候変動に起因する風水害の激甚化も懸念されている。土砂災害も軽視できない。文字通り、自然災害大国である。このため、防災・減災技術に関しては世界トップクラスの研究開発と社会実装が行われてきた。

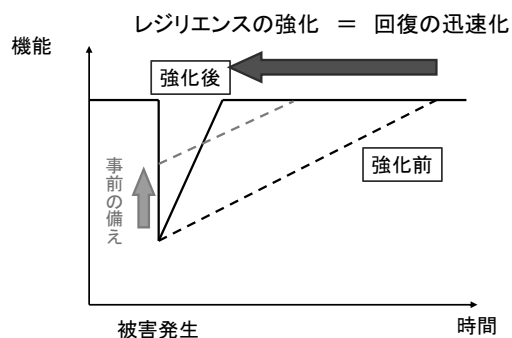
自然災害を地震・火山噴火・台風・高潮といった自然現象である「災害」と、災害が引き起こす人の居住地（集落・都市）の「被害」に区分すると、災害を減らすことはできないが、人の努力で被害を減らすことはできる。これが防災・減災の考えである。防災・減災の基本は、災害の「力」に比べて、より居住地の「強さ」を上げることであり、具体的には、地盤の揺れに耐える強い建物や、洪水や高潮を防ぐ強い堤防や防潮堤をつくることである。

2. 被害の増加とレジリエンスの強化

人口が増加すると、極めて強い「力」を持つ災害が居住地を襲う確率は高くなる。災害が変わらなくとも、居住地が増えると被害は増加する。同様に、技術の進歩が被害の増加をもたらす場合もある。例えば、通信技術は社会の効率性を上げる基盤技術であるが、災害によって発生した一か所の不具合が広範囲に通信を途絶えさせる可能性が

ある。通信技術が社会の基盤となっている分、通信の途絶は社会のさまざまな機能を損ねる。間接的であるが、被害は拡大するのである。

人口増や技術進歩に起因する被害の拡大に対応するため、居住地の「強さ」を上げるという事前の備えに加えて、被害から迅速に回復するという事後の対応も有効と考えられるようになった。防災・減災を事前の備えに限定せず、事後のより良い対応も含むという考え方である。被害からの迅速な回復はレジリエンスの強化と解釈される（図1参照）。



機能低下を改善する事前の備えに比べ、レジリエンスの強化は、機能低下は変わらないものの、回復を迅速化することで損失を減らす。

図1 レジリエンスの強化の概念図

都市の地震災害を例に事前の備えとレジリエンスの強化を説明すると、耐震性の高い都市を作ることが事前の備えである。しかし、都市の全構造物を最高水準の耐震性とするのは得策ではない。多くの構造物では、高い耐震性が無駄になる可能性が高い。一方、相応の耐震性を備えた都市では、

地震による被害は局所的になる。被害からの回復をより迅速にすること、すなわち、レジリエンスの強化が重要となる。何処に発生するか分からない局所的に大きな力を持つ災害に対し、都市全体の耐震性を一様一律に上げるという事前の備えを徹底するよりも、都市全体に一定の耐震性を備えた上で、被害が起こった場合により迅速に回復させるというレジリエンスを強化することは、少なくともコストの点では有利である。

レジリエンスの強化は、比較的新しい防災・減災の考え方である。風水害を嚆矢として、現在、地震災害にもこの考え方が受け入れられるようになってきた。なお、事前の備えが限定される火山噴火災害に関しては、著者の私見であるが、元来、レジリエンスの強化を重視してきたように思われる。

3. 戦略的イノベーションプログラム

我が国の科学技術政策を担う総合科学技術・イノベーション会議は、府省庁の枠や旧来の分野の枠を超えた研究開発を主導する。この機能の具体的な形として、「戦略的イノベーションプログラム（SIP）」¹⁾が2014年度から第一期、2018年度から第二期が開始している（第一期は2018年度を最終年度とする5年計画であったが、優れた成果があがっているため、1年前倒しで第二期を2018年度から開始するようになった）。イノベーションと称するように、SIPは革新的な技術開発と革新的技術の社会実装の二点を重視しており、この分、SIPで選択された10程度の課題には年間数十億の研究費が配分される。大型研究開発プロジェクトである。

第一期と第二期のSIPの課題に、それぞれ、「レジリエントな防災・減災機能の強化」と「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」が採択されている。著者は、第一期は2017年度から、第二期は2018年度からプログラムディレクタを拝命してい

る（第一期の初代プログラムディレクタは中島正愛京都大学名誉教授）。課題名が示すように、前述のレジリエンスの強化を実現するために、革新的な技術開発を行うことを目的としている。

3.1 第一期

「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、災害被害情報の共有が重視されている。都市機能に関わる多数の主体が効率的に被害からの回復を果たすためには、何はともあれ、災害被害情報を共有することが必須となるからである。災害被害情報の共有を府省庁間で実現することを主眼とし、府省庁に次いで自治体・民間に広げることが構想されている。

「レジリエントな防災・減災機能の強化」には7つの研究テーマがあるが、その一つは、各府省が運営する防災システムに集約された災害被害情報を収集・加工し、全府省庁間で共有する情報システムの開発である。この情報システムはSIP4D（Shared Information System for Disaster）と呼ばれ、防災研究者とICT技術者が協力して開発した（図2参照）。2016年5月熊本地震や2017年九州北部豪雨で、府省庁間のもとより、現地最対策本部での関係機関での災害被害情報の共有に成功した。

災害被害情報の収集は、原則、各機関の防災シ

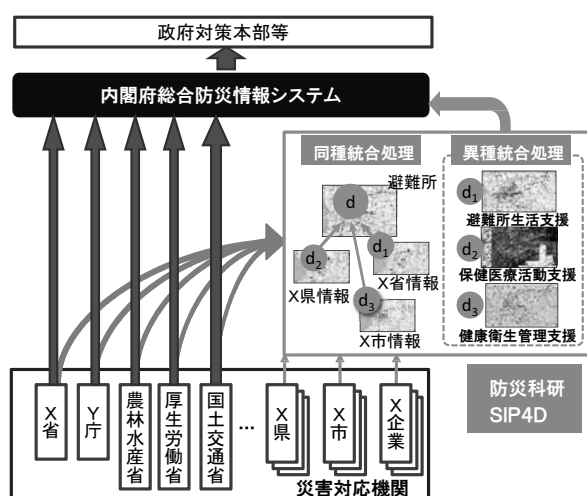


図2 SIP4Dの運用の概要

システムが発信する公開情報を集めることであり、技術的にはさほど難しくない印象がある。しかし、災害の規模が大きくなると、災害被害情報は時間とともに指数関数的に増加する。短時間で爆発的に増加する情報を収集することは容易ではない。SIP4D では、情報処理に必要なシステムのハードウェアの量を適切に増やすことで、災害の規模に関わらず、適切な時間で情報処理を行う技術を開発している。特に、地震の場合、観測された地震データから災害情報の規模を見積り、情報の増加に備えて事前にハードウェアの量を増やす、という ICT と地震データの融合技術も開発している。

災害被害情報の加工は難しい課題である。各府省庁が収集する災害被害情報は、府省庁の特定の目的のために収集され、また、専門知を持つ関係者を想定して専門用語を使って簡潔に記述されたものが多い。この災害被害情報を、直接、他府省庁に渡しても有益になるとは限らない。このため、SIP4D では、各府省庁の災害被害情報を解釈し、専門知を持たない者もその意味を理解できるように用語等を代える、という適切な加工を災害被害情報に施す。さらに、同一箇所の災害に複数の府省庁の災害被害情報がある場合、その災害被害情報を組み合わせ

ることで、より有効な情報を得るという加工も施す。この加工は情報の推論であるが、極めて高度な情報処理の技術を開発している。

災害被害情報の加工の例を図 3 に示す。地点 PA ～地点 PE 間では、地点 PB と地点 PC が被害のため通行不能、地点 PD とを通る迂回路

は通行可、という状況である。「点 a と点 b 間閉鎖」という情報 1 が届いた場合、SIP4D は、点 a を地点 PA に解釈し、「地点 PA ～地点 PE 通行不能」という情報に加工する。「道路 bc 通行不可」という情報 2 は、道路 bc を地点 PB ～地点 PC に解釈し、「地点 PB ～地点 PC 通行可」という情報に加工する。「町 d 経由で町 a から町 c を通行」という情報 3 は、町を地点や地点間に解釈し「地点 PD 経由で地点 PB ～地点 PC 通行可」という情報に加工するのである。

「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、先端的防災・減災技術の研究開発と並んで、その技術の社会実装を重視している。災害時に実際に技術を使うユーザを開発現場に巻き込む他、ユーザの組織化や制度整備といった、革新的技術を使うための「仕組み作り」も社会実装に含めている。

3.2 第二期

「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」は研究計画を立案中であるが、大きな枠組みとして、避難誘導システムや災害情報共有・支援システムの構築と社会実装が構想されている。避難誘導システムは、災害被害データを収集・分析し、避難

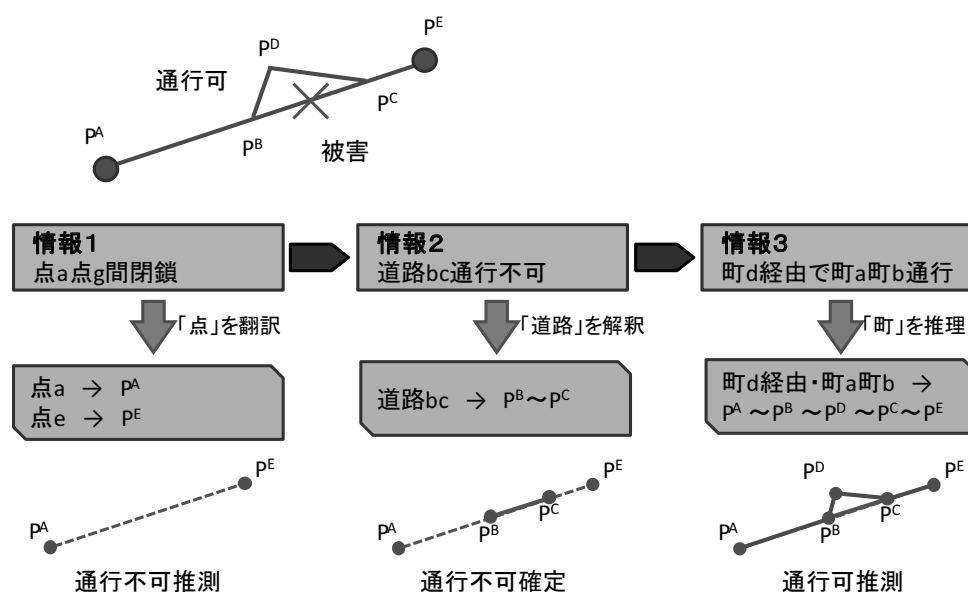


図3 災害情報の加工の例

を必要とする個人・組織に対し、切迫度や避難場所・経路に関わる情報を着実に配信するシステムである。災害情報共有・支援システムも、地方自治体等に災害情報を共有させることで、効果的な自助・共助・公助を実現するシステムである。

上記の二つのシステムは、災害時対応行動の意思決定を支援する。風水害の避難を例に意思決定支援を説明すると、各個人には「どの時点で何処に避難をするべきか」に関して、各自治体には「どの時点でどの箇所の住民に避難勧告や避難指示を発するか」に関して、判断の基となる適切な災害情報を提供することである。判断の主体は、あくまでも個人・自治体であるが、その判断を支援するに足る適切な災害情報を提供することが目標である。

技術的観点からは災害被害データの収集・分析を重視している。データの収集には、「衛星コンステレーション」、すなわち、いろいろな観測機器を搭載した大小さまざまな衛星を利用する計画である。また、データの分析にはAIの利用が計画されている。具体的には、交通・物流等に関わる都市ビッグデータから、災害時の交通・物流の隘路を分析し、適切な対応を試みる。収集と分析に最先端科学技術を利用する点は挑戦的である。

4. レジリエンスの強化の将来

前章で説明した第一期SIPを災害情報の共有によるレジリエンスの強化と位置付けると、第二期SIPは災害時行動の意思決定の支援によるレジリエンスの強化と位置付けることができる。災害情報の共有を一步進め、意思決定の支援に用いるのである。

災害終了後、所謂「神の視点」で災害時行動を分析すると、さまざまな意思決定の誤りを見つけることができる。しかし、災害の真ただ中に、正しい結果につながる行動を決定することは難しい。さまざまな断片的な災害被害データから適切

な災害情報を抽出し、必要があれば推論も加え、少しでも正しい結果となるよう、適切な行動を短時間で決定することを支援するのである。

いかなる規模の自然災害に耐えられるような、事前の備えを都市全体に施すことは少なくともコストの点では合理的ではない。このため、レジリエンスの強化が考えられているのであり、SIPではレジリエンス強化に関する先端技術の研究開発を進めている。しかし、より「強い」都市にすることは、被害を軽減するためには決定的に重要である。今ないし将来の事前の備えのレベルに見合った、レジリエンスの強化を進めることが必要である。なお、SIPと同様に内閣府が主導する「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）」²⁾の課題となっている「革新的建設・インフラ維持管理技術／革新的防災・減災技術」は、事前の備えに関する研究開発も行う。このPRISM課題との連携を進めることも重要である。

5. おわりに

自然災害大国の日本で研究開発された防災・減災技術は高いレベルにある。このレベルの高さは、防災・減災技術の先端性も一因である。本稿で紹介した、レジリエンス強化に関するSIPの課題では、狭義の防災・減災分野の研究者の他に、ICTの分野の研究者・技術者が多く参加している。防災・減災とは距離があったものの、高い技術力を持つ他分野との連携は、防災・減災技術を高める原動力の一つである。連携する先端科学技術分野を広げていくことは、防災・減災の研究開発を進める上で重要な要因である。

参考文献

- 1) 内閣府、戦略的イノベーションプログラム、
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>
- 2) 内閣府、官民研究開発投資拡大プログラム、
<http://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>

□石油化学コンビナート火災・爆発対応のための 消防ロボットシステムの研究開発

研究開発の概要と一次試作した単体ロボットの 消防本部における試験評価

消防庁消防研究センター 天 野 久 徳

1. はじめに

東日本大震災ではガスホルダーヤードにおいて火災・爆発が発生した。現在、南海トラフ地震や首都直下地震の発生が懸念される中、自然災害によって石油コンビナートや化学プラントといったエネルギー・産業基盤施設において大規模な火災が発生することも考えられる。自然災害ばかりでなく、平成24年の姫路市における化学プラントの爆発事案においては、消防隊員1名が殉職し、また多くが負傷した。ここ数年間は事故件数も増加傾向にある。

これら基盤施設の火災・爆発は市民生活に大きく影響を与え、市民の日常生活に支障をきたす。自然災害や事故時に避難を強いるばかりでなく、その後の地域の復興や市民生活の復旧には、エネルギー・産業基盤が不可欠である。したがって、災害を早期に抑制することが重要である。

しかしながら、これらの火災・爆発現場は特殊な状況であるため、消防隊員が火災に近接して活動することは困難を伴う。遠隔操作機器での対応にも通信距離の限界が、また、単体のロボットでは大規模な災害に対して、有効な対応が難しいと。

一方で、自律的に動作し、互いに協調連携ができる複数のロボット等でロボットシステムを構成し、対応することが有効と考えられる。そこで、平成26年度から5年計画にて、消防ロボットシステムの研究開発を進めてきている。本稿では、消防ロボットシステムの研究開発のコンセプト及び平成28年度に完成した消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットの一次試作機を消防本部において試験評価した結果の概要を紹介する。

2. 想定事案と活動

開発する消防ロボットシステムによって対応を想定している事案及び活動は

- (1) 石油タンクヤード内における火災発生に対して、隣接する石油タンク等周辺施設への延焼を阻止するため、周辺施設を冷却する活動。
- (2) 火災が発生した危険物施設に対して、当該危険物施設を冷却し、火災による倒壊や爆発を防ぐ活動。
- (3) 石油タンク火災が発生した状況下において、火災を抑制する（鎮圧まではできなくても、火災の拡大をコントロールできる）活動。

(4) 前述(1)～(3)の活動に伴う偵察・情報収集活動とする。なお、表現の煩雑さを避けるため、以下においては、放水及び泡放射を特段の必要が無い限り「放水」とまとめて表記する。

3. 構成と各ロボットの役割

開発中の消防ロボットシステムの活動イメージを図1に示す。消防ロボットシステムは飛行型偵察・監視ロボット、走行型偵察・監視ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボットの4種類のロボットと、消防隊員の判断や指令等を入力し、各種情報を表示するコンソールを備えた指令システムで構成される。なお、放水のためにホースを敷設することを消防では「延長」と言う。

ロボットシステムを積載した車両が現場に到着

し、システムを立ち上げると、コンテナに設置されたGPSの位置データから、プラントの電子地図を自動的に読み込む。読み込まれた電子地図に発災タンク等の危険物施設を入力すると、システムが自動的に風向風速等を考慮し、上空から災害の状況を偵察するための飛行型偵察・監視ロボットの飛行経路を提案する。図2にシステムが提案した飛行経路の表示画面のイメージを示す。提案された経路が、風下側を除き、円弧状に示されている。システムからの提案を消防隊員が必要に応じて修正し決定する。次に、この偵察・監視飛行経路へ到達する複数の経路をシステムが提案する。図2に点線で二つの経路が示されている。周囲の状況を考慮し、消防隊員が選択し決定する。なお、飛行は当該敷地内の最高高さの施設等から十分な安全距離を確保した高度とし、タンクの直上は飛

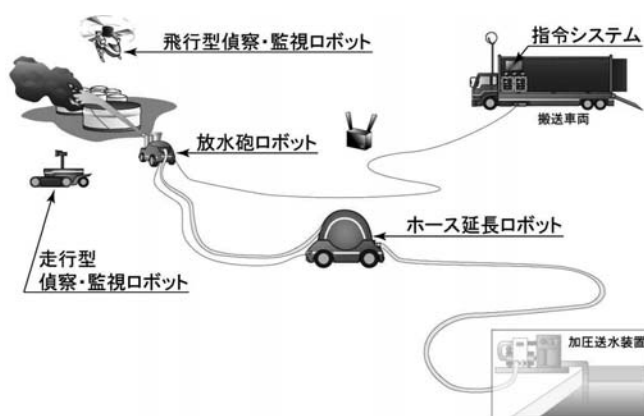


図1 消防ロボットシステムの概要

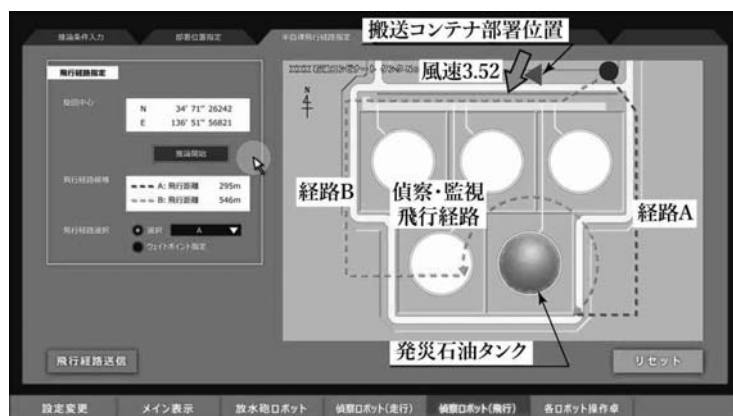


図2 飛行経路の表示画面イメージ

行しない等の制約を組み入れる。

飛行経路の決定と共に、飛行型偵察・監視ロボットは自律的に離陸、飛行し、搭載された可視光カメラ及び熱画像カメラの映像、放射熱や燃焼ガス検知器などの計測データを指令システムに伝送するなど上空から偵察活動を行う。走行型偵察・監視ロボットも同様に、走行経路をシステムが複数提案し、消防隊員が選択決定することにより、自律的に走行し、偵察を行う。

偵察活動を行っている間に、ホース延長ロボット及び放水砲ロボットの稼働準備を進める。ここでも、システムが放水砲ロボットの部署位置を複数提案する。表示画面のイメージを図3に示す。図の中に提案された放水部署位置が、①、②、③と示されている。システムが提案した放水部署位置周辺の画像等、偵察・監視ロボットから送られてきた情報を確認し、消防隊員が部署位置を選択する。飛行型偵察・監視ロボットの飛行経路と同様、選択された部署位置への移動経路が複数提案される。消防隊員が選択し決定することによって、放水砲ロボットが自律的に移動を開始するとともに、ホース延長ロボットが自律的に放水砲ロボットを画像認識し、追従移動を開始する。

放水砲ロボットが部署位置に到着すると、ホース延長ロボットは追従移動モードから、自律移動・ホース延長モードに切り替わり、移動してきた経路を逆向きに走行し、ホースを延長する。

ホース延長ロボットが、消防隊員が活動可能な、安全な領域まで戻ると、消防隊員が加圧送水装置等に水源にホースを接続し、放水準備が完了となる。

システムは、発災石油タンクの高さ、放水部署位置からタンクまでの距離、風向風速、活動の内容等から、放水砲の俯仰角及び旋回角を算出し、提案する。算出された値を消防隊員が確認し、決定するとロボットに取り付けられた放水砲が算出された向きに設定される。放水砲の設定が完了し、消防隊員が水源から送水し、放水が開始される。

放水開始後、放水の状況を、偵察・監視ロボットが継続的に監視する。偵察・監視ロボットが撮影する熱画像等から、放水の到達位置を自動認識し、風向風速の変化等によって目標位置から放水が外れた場合、自動的に修正する。偵察・監視ロボットからの画像情報を指令システムで解析し、放水砲ロボットを制御する協調連携技術によって実現する。

本消防ロボットシステムのオペレーターとなる消防隊員は、システムから提案される選択肢を選ぶ、あるいは、提案を確認修正することが主な作業である。また、過度なロボット技術の開発に偏るのではなく、安全に活動ができる領域では、消防隊員が作業を行うことにより、効率的に災害被害を最小化することを目指している。

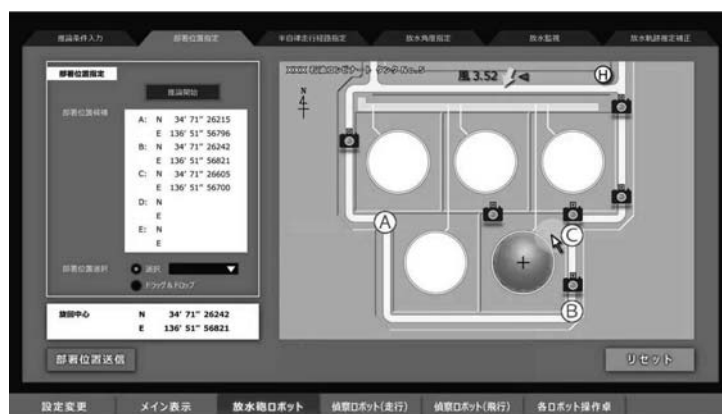


図3 放水部署位置の提案画面イメージ

4. 一次試作各単体ロボット

全システムをコンテナにパッケージ化し、10トン車に積載できること、連続10時間以上稼働可能なこと等をシステム全体の概略仕様としている。なお、ロボットの寸法については、大災害対応ばかりでなく、工場火災等に対応できることにも配慮した。消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットの一次試作機の概観及び概要を写真1～4、表1～4に示す。

耐放射熱性能については、国内最大級の石油タンクの火災において、想定事案に示した活動を実施するために、放水砲ロボットは 20.0kW/m^2 、偵察・監視ロボットについては 8.0kW/m^2 とした。300m程度の走行が必要と推定し、ホースを延長する距離を300mとした。既存の放水砲ロボットより長い距離のホース延長が必要となり、ホースを延長するロボットが必要となった。これは世界初の開発である。また、本消防ロボットシステムにおいては、放水砲ロボットが高い放射熱環境下で活動するため、耐放射熱性能の高いホースが必要となり、新たに開発した。

各単体ロボットともに耐放射熱繊維で覆う必要があるが、飛行型偵察・監視ロボットだけが耐放射熱繊維で被覆した状態である。各ロボットの耐放射熱繊維による被覆は脱着式となっており、走行型偵察・監視ロボット及びホース延長ロボットは外した状態である。放水砲ロボットは、撮影用の耐放射熱繊維を装着した状態である。

飛行型偵察・監視ロボットは、ある程度の悪天



写真1 飛行型偵察・監視ロボット一次試作機の概観

表1 飛行型偵察・監視ロボット一次試作機の概要

寸 法	機体 長さ:1.5m, 幅:0.5m, 高さ:1.0m プロペラ径 2.6m
質 量	69kg
飛行方式	同軸二重反転, バッテリー/モーター駆動
最高速度	時速約 60km (16.0m/s)
搭載機器	カメラ, 熱画像カメラ 燃焼ガス検知器, 放射熱量計
情報伝送	無線
制御機器	高精度 GPS, 慣性航法装置など
自律機能	電子地図上の指定位置への飛行, 自動帰還, 目標物へのカメラ自動追尾
耐放射熱	8.0kW/m^2
耐風性能	風速 12m

候下でも運用できるように、風速12mでの飛行を可能としている。

走行型偵察・監視ロボットはこのシステムの中では最初に被災敷地内を走行するため、飛散物が散乱した状況での走行も想定し、車輪、履帯の2



写真2 走行型偵察・監視ロボット一次試作機の概観

表2 走行型偵察・監視ロボット一次試作機の概要

寸 法	長さ:1.3m, 幅:1.0m, 高さ:1.8m (アンテナ等を含む)
質 量	230kg
走行方式	車輪 (後輪駆動, 前輪操舵), 履帯 バッテリー/モーター駆動
最高速度	時速約 5.5km (1.5m/s)
搭載機器	マニピュレータ, カメラ, 熱画像カメラ 燃焼ガス検知器, 放射熱量計
情報伝送	無線 (中継器を自ら搬送設置)
制御機器	高精度 GPS, 回転式レーザー距離計 車輪回転計, 慣性航法装置など
自律機能	電子地図上の指定位置への走行
耐放射熱	8.0kW/m^2
段差乗越	40cm
その他	電子地図生成機能

つの走行機構を備えている。履帯は、悪路や障害物に対する走破性能は高いが、移動速度が遅く、自律走行精度が低い。そこで、障害物等が検出されない範囲では、車輪で走行し、高速・高精度の自律走行を実現する。

放水砲ロボット及びホース延長ロボットは基本的に同じ走行機構を利用しており、車体の幅と長さが異なる。サスペンション機構を備えた4輪駆動であり、農業用の部品を多く利用しているため、地震時の地盤の液状化等に対応できる。

新たに開発したノズルは、広角噴霧放水、ストレート放水、泡放射をノズルの形状切り替えだけで実現している。泡放射は、放水軌跡の安定性並びに泡発泡性状の両立を実現できるセミアスピレート方式を採用している。消防隊が所有する最大級のポンプで送水可能な放水量4000ℓ/min、放



写真3 放水砲ロボット一次試作機の概観

表3 放水砲ロボット一次試作機の概要

寸法	長さ:2.0m, 幅:1.4m, 高さ:2.2m
質量	1,600kg
走行方式	4輪駆動, 前輪操舵, バッテリー/モーター駆動, サスペンション機構
最高速度	時速約7.2km(2.0m/s)
搭載機器	カメラ, 熱画像カメラ, 風向風速計 燃焼ガス検知器, 放射熱量計
情報伝送	有線(自動繰り出し, 巻き取り)
制御機器	高精度GPS, 回転式レーザー距離計 車輪回転計, 慣性航法装置など
自律機能	電子地図上の指定位置への走行
耐放射熱	20.0kW/m ² (自衛噴霧機構付)
放水ノズル	放水:広角, ストレート 泡放射:セミアスピレート
その他	4,000ℓ/min, 1.0MPa(有効射程75m) 電子地図生成機能



写真4 ホース延長ロボット一次試作機の概観

表4 ホース延長ロボット一次試作機の概要

寸法	長さ:2.4m, 幅:1.8m, 高さ:2.2m
質量	2,800kg
走行方式	4輪駆動, 前輪操舵, バッテリー/モーター駆動, サスペンション機構
最高速度	時速約7.2km(2.0m/s)
搭載機器	カメラ, 燃焼ガス検知器, 放射熱量計
情報伝送	有線(自動繰り出し, 巻き取り)
制御機器	高精度GPS, 回転式レーザー距離計 車輪回転計, 慣性航法装置 ホース張力検出装置など
自律機能	電子地図上の指定位置への走行, ホースの敷設
協調連携	先行者(放水砲ロボット)追従走行
耐放射熱	放水砲ロボットと同程度
搭載ホース	直径150mmホース, 300m(耐放射熱)

水圧1.0MPaをノズルの仕様とした。

前節で説明した自律及び協調連携のうち、自律走行及び放水砲ロボットとホース延長ロボット協調追従走行については既に実現できている。また、自律走行においては、ある程度の大きさであれば、障害物の回避が可能である。走行型偵察・監視ロボットおよび放水砲ロボットには自律走行に使用する電子地図生成機能も組み込まれている。

5. 消防本部等における試験評価

完成させた各単体ロボットの一次試作機を、2ヶ所の消防本部に、それぞれ約2ヶ月間試験を依頼し、評価を行った。試験評価において認識された主な問題点についてここで紹介する。

一次試作では、ロボット単体を中心に試作を進

めたため、指令システムの作り込みが十分でなかった。自律走行で使用する電子地図を生成するためのデータ計測や補正、また、自律走行を行う指令の入力や状態の監視において、入力方法等の指摘を受けている。また、指令システムのコンソールを使用して遠隔操縦による走行も可能であるが、操縦方法の指摘を多く受けている。これらは主に、指令システムのソフトウェアの改良によって問題解決が可能と考えている。

試験評価を依頼した各消防本部管内の石油コンビナート企業の協力の下、石油コンビナート内での試験も実施した。これらの試験では、自律走行について、これまで認識されていなかった問題も明らかになっている。石油コンビナートにおける評価試験の様子の一例を写真5に示す。



写真5 石油コンビナートにおける試験評価の状況

石油コンビナート内は比較的平坦であると想定していたが、石油タンクに近接するために、流出油防止堤や大口径の配管を乗り越えるための斜路を通過する必要があることがわかった。一次試作機では、自律走行で使用する電子地図を平面地図

としているため、斜路を経路上の障害物と誤認識し、通過できない状況があった。そこでこの平面地図に高さ情報を埋め込み、経路の傾きを認識することによる問題解決を進めている。

このほかに、搬送車両への積載を考慮した、各ロボットの小型化、折りたたみ収納方式の導入等を進めている。また、放水砲ロボット及びホース延長ロボットと指令システムの通信ケーブルとして、耐放射熱性能が高いケーブルを開発したが、より安定した通信を実現するために、金属ケーブルから光ファイバーケーブルへ変更すること等の改良を進めている。

6. おわりに

試験評価の結果を基に消防ロボットシステムの再設計を行い、搬送車両も含め、現在、実戦配備が可能なタイプの研究開発を進めている。これまで進めてきた分散・協調・連携技術、自律化技術の研究成果を基に、実用可能なレベルに引き上げ、消防ロボットシステムへの組み込みを進めている。本年度（平成30年度）後半から、実戦配備タイプを用いて石油コンビナート内での試験を繰り返し実施し、本年度中に実戦配備タイプを完成させる。完成後は、消防本部に配備し、データを蓄積し消防本部にとって使いやすいロボットシステムに改良を進める計画である。完成時には、実戦配備する消防ロボットシステムの実演公開を予定している。

□レスキューロボットの現状と課題

京都大学工学研究科 機械理工学専攻 教授

NPO国際レスキューシステム研究機構 副会長 松 野 文 俊

1. はじめに

日本では、1995年の阪神淡路大震災や地下鉄サリン事件を契機として、大都市直下型の地震や地下街などの閉鎖空間にけるNBCテロ災害などを想定して、大学の研究者を中心にレスキューロボット開発が進められてきた^[1]。海外では、2001年にハイジャックされた旅客機がニューヨークの世界貿易センタービルに突入するというテロが発生した。この9.11テロの現場から、軍用ではあるが遠隔操作ロボットを使って遺体を発見する成果を挙げた。また、欧州の原子力発電所を積極的に進めていた国々では、事故時に備えて原子力災害対応ロボットが開発・配備されてきた。日本でも1999年に発生した東海村JCO臨界事故直後に、原子力災害対応ロボットが政府主導で開発されたが、開発のみに留まっており、実運用には至らなかった。

2011年に日本で発生した東日本大震災では、陸海空のロボットが実災害現場で使用された。その後も、福島第一原発の現場では、人が立ち入ることが不可能な建屋内外の情報収集に国内外のロボットが用いられ、現在でも様々なロボットが現場投入のために開発されている。本稿では、これらの背景を踏まえて、災害対応ロボットの今後の課題と、今後の展開に関して考えてみたい。

2. 東日本大震災の経験から見えてくる課題

2.1 政策的課題

2011年3月11日に発生した東日本大震災は地震動や津波による被害さらには原子力発電所の事故が折り重なった巨大複合災害であり、日本で災害対応ロボットが適用された初めての大災害となった^{[2][3]}。発災後約一カ月の4月6日に福島第一原発の瓦礫処理に大成建設・鹿島建設・清水建設の無人化施工機械（バックホウ、クローラダンプ、オペレータ車、カメラ車）が導入された。無人化施工機械は1993年の雲仙普賢岳の噴火に始まり、2000年の有珠山噴火、2004年新潟中越地震などの多くの災害復旧工事での適用実績がある。これは、国土交通省が普賢岳における土石流対策のための土木工事を遠隔で行うためのシステム開発を継続し運用してきた成果である。現場での実運用を通じて得られた知見を開発にフィードバックする体制を継続的に支援してきたからこそ、福島第一原発での成果につながった。

次いで、4月10日にはHoneywell社製の無人ヘリコプタT-Hawkが導入され、1～4号機原子炉建屋、タービン建屋およびその周辺の撮影を行った。また、4月17、18日にはiRobot社製のPackbotが原子炉建屋内の放射線量・雰囲気温度・雰囲気湿度・酸素濃度の測定を行った。Packbotは建屋内の1階部分の情報収集には成功したもの

の、階段を登ることができず建屋の2階以上の情報収集ができなかった。その後、6月24日に千葉工業大学・東北大学などが開発した Quince が2号機に投入され、原子炉建屋地下に水位計センサを投入することに、そして7月8日には2号機原子炉建屋の2階以上でダストサンプリングに成功している。

ここで、これらの活動における課題について考えてみたい。事故後の原子炉建屋内は強い放射能が予想され、ロボットに搭載されている電子機器やセンサ類の耐放射能性を十分検討する必要がある。電子機器はビット反転する可能性があり、CCD カメラやLRFなどのセンサはいずれ使用不可能になってしまう。耐性が無い場合には何らかの措置を講ずる必要があり、福島第一原発の対応では準備に時間を要した。実は、1999年に発生した東海村 JCO 臨界事故が起こったことを受けて、国がプロジェクトを設置し、短期間に多くの技術者が心血を注いで放射能災害対応ロボットが開発された。しかし、製作しただけで、ロボットシステムの運用やメンテナンスや改良に必要な予算が計上されず、技術者たちもそのプロジェクトから離れざるを得なかった。せっかく培った技術や知見が消えて行ってしまった。無人化施工機械の成功例を見ても研究開発を継続し、現場での運用実績を積み重ねることが重要であることは明白である。

しかし、日本では50年に1度程度しか起こらない大地震による大規模災害のために多額の予算をつぎ込んでレスキューロボットを開発することは民間企業では不可能であり、市場は存在していない。市場が無ければ企業が参入できず、志をもった大学の研究者がレスキューロボットを細々と研究開発し、災害現場へも訓練を積んでいない研究者が出動しロボットを運用するしかない。これでは、研究開発が進むはずがない。平常に使っているロボットシステムが緊急時にも使えるというシナリオで市場を創出する、あるいは消防や自衛隊にレスキューロボットを配備するなど、政府主導

で研究開発を加速させる必要がある。

2.2 技術的課題

大規模災害現場ではライフラインや通信網など社会基盤システムが大きなダメージを受け、使用可能な情報インフラが限られているという想定をしなくてはならない。災害直後にテンポラリーにロバストな通信インフラを構築することは重要であり、大きな課題である。通信方式に関して、有線通信は確実であるが、移動ロボットの運動の制約になる。陸上のロボットではケーブルをロボット本体に搭載して手繰り出す方式が取られているが、本体重量の増加を招いてしまう。実際、福島第一原発の事故対応でもケーブルのトラブルにより建屋内に残り残されたままのロボットも存在する。無線通信の場合には、アドホックネットワークなどが適用されているが、ホップするごとに伝送量が減少してしまうなど問題がある。また、通信と同様に、エネルギー供給に関しても、有線と無線（バッテリー駆動）のトレードオフがある。災害現場でのエネルギー源の確保も大きな問題である。

原子力発電所の事故の様な災害現場では、放射能の影響を考えた耐放射線性を付与する必要がある。また、尼崎の列車脱線事故やトンネル内の事故など、火気による爆発の危険性がある場合には、防爆性能が要求される。このように、防塵防水に始まって防爆や耐放射線性など耐環境性についても重要な課題である。

無人ヘリは上空からの情報収集には非常に有効な手段であり、福島第一原発の被害状況を上空から把握することができた。しかし、運用が容易な小型の無人ヘリは強風下での飛行が困難であり、建物の壁などの近くでは安定な飛行は難しい。航続時間も30分程度であり、適用に大きな制約が課される。航続時間を延ばそうとすると大容量のバッテリーを搭載する必要があり、機体重量の増加を招く。ここにもトレードオフの問題がある。効

率の良い(軽量で長時間持ち、急速充電が可能な)安全なバッテリーの開発が急務である。また、屋外での無人ヘリの自己位置同定はGPSを用いれば精度よく計測でき自律飛行も可能であるが、屋内の自律飛行にはSLAMのような自己位置同定技術が必須であり、高精度の自己位置同定を可能とする技術開発が求められる。

東日本大震災において日米の合同チームなどにより水中ロボットを用いた、港の瓦礫の調査・ご遺体の探索・沖合の漁場や養殖場の調査などが実施された。瓦礫などの対象の位置を特定し、地理情報システムに連動させて情報を記録し、その後の瓦礫撤去や養殖施設再生など、あらゆる時期に活用されることになる。水中でセンシングに有効な物理量は光と音波であり、これらの物理量を用いて水中の対象物の位置を特定することは非常に難しく、精度の高い位置計測装置は非常に高価である。水中での位置同定技術開発も大きな課題である。

さらに、陸海空すべてのロボットに共通するが、ロボットを操作するオペレータの訓練には時間を要することに注意しておく。災害現場は未知の環境であり、人間による遠隔操作が基本である。災害現場を模したモックアップを構築し、実災害さながらの訓練を通して、日頃からの運用やメンテナンスを実施することは、有事にシステムを有効に機能させるための必須の条件である。また、実災害現場でのロボット操作には失敗が許されず、オペレータにかかる精神的および肉体的負担は想像を絶するものがある。オペレータの負荷を軽減化できるインタフェースの開発が重要である。そのために、未知の不整地環境でも自律的に移動や作業が可能な知能に関する研究開発を推進し、半自律機能を搭載していくことも今後の大きな課題である。

現状ではレスキューロボットに期待されている主なタスクは情報収集であり、アクセシビリティをどのように向上させるかが課題となって

いるが、今後は移動から様々な作業へと適用できるタスクを広げていく必要がある。さらに、広域災害では情報が錯綜する。携帯電話などによる人間からの情報や固定センサ・レスキューロボットなどで収集した情報など膨大な時空間情報を柔軟にハンドリングでき、災害直後だけでなく復旧復興を経て平時に至るまでを含めたそれぞれの時期に情報を利活用できる情報システムの構築も重要な課題である。

3. 課題解決のために

3.1 技術的課題解決のためのアプローチ

前章では、東日本大震災でロボットを適用した経験から、主に陸上ロボットと上空ロボットに関して、それぞれの今後に解決すべき課題について考えた。ここでは、まず各々のロボットの長所を活かしながら、欠点をお互いに補完するような空中ロボットおよび陸上ロボットの連携による協調作業について考えてみたい。陸上ロボットは小型無人ヘリに比べ大きなバッテリーを搭載することができる。陸上ロボットから小型無人ヘリに有線で給電し、協調移動させることによって、広域の情報を収集することができる。例えば、陸上ロボットとして無人化施工機械を用いれば、不整地環境における走破性にも優れ、劣悪環境でも確実に稼働することができる。小型無人ヘリは有線給電することにより航続時間の問題は解決でき、上空からの広域な情報収集が可能となる。さらに、小型無人ヘリからの俯瞰映像は陸上ロボットの操作性向上に大きく寄与する。小型無人ヘリには風やケーブルの動きが本体への外乱として働くので、外乱の影響を抑えるロバストな制御系設計が必要となる。さらに、陸上ロボットと無人ヘリとの協調制御における、遠隔操作システムの開発が重要な課題となる。

また、大規模災害では陸海空の大量なロボットを現場投入することにより、一部のロボットが故

障しても、全体としての機能を落とすことなく、ミッションを遂行する方策も考えられる。そのためには、異種のロボットで構成された群ロボットを容易に操作する遠隔操作システムが重要である。ロボット数が増えた場合に、個々のロボットに指令を与えるような集中制御では、システムが破たんすることは容易に想像できる。この場合、群れロボットに対する分散制御システムを構築し、スケラビリティを担保することが重要である。

前章での技術的課題でも述べたが、ロボットの構成要素の耐環境性は重要である。例えば、日本で耐放射線試験が実施可能な施設は限られており、これらの環境の充実も重要である。また、宇宙分野では耐放射線性に関する知見や経験が蓄積されており、他分野で得られている情報を共有することも重要である。

災害は二度と同じものが起こらないと言われている。どのような環境にでも対応できるような万能ロボットを構築しようとする、現状の技術レベルではシステムが肥大化し運用面での問題だけでなく、結局役に立たないロボットシステムになってしまう。多様な災害に対して臨機応変に対応できるように、現場でセンサやアクチュエータを適切に挿げ替えたり、システムを容易に組み替えたりすることが可能な設計が必要である。ハードウェアおよびソフトウェアをモジュール化し、インタフェースを標準化することにより、柔軟なシステムを構築することが重要である。ロボットの標準的ミドルウェアとして ROS (Robot Operating System) が広く使われており、全世界の研究者のアルゴリズムやソフトウェアなどの知見を共有できるようになってきた。日本でも、同様な目的で産総研が中心となり RT ミドルウェアの開発普及に努力がなされている。このような、国際的な標準化と技術共有が重要である。

3.2 実用化のための実証実験

災害の実現場でロボットシステムを運用する

経験は滅多にできない。その経験不足を補うためには、実寸大の仮想的な災害現場による実災害を想定した訓練が重要である。米国テキサス州の Disaster City には、FEMA の全米最大のレスキュートレーニング施設である様々な災害を想定した模擬フィールドが用意された広大な訓練施設がある。残念ながら、日本には、これほど大規模な訓練施設はなく、今後このような施設を設置し、レスキュー隊員・レスキュー犬・レスキューロボットなどの訓練に有効活用されることが望まれる。米国のように軍用ロボットの転用といった研究開発シナリオが成り立たない日本では、レスキューロボットの実環境での運用の機会が限られており、開発研究の加速にはこれらの模擬フィールドでの実証実験は必須である。

また、災害対応ロボットのみでは市場形成できない日本では、平常時に使っているロボットシステムが災害時にも活用できるというコンセプトで研究開発を推進する必要がある。そのような観点で、橋梁やトンネルなどのインフラ点検やダムや河川の保守管理や火山の観察調査などに有用なロボットシステムを開発・実用化することを目的とした戦略的イノベーション創造プロジェクト (SIP: Strategic Innovation promotion Program) などにおいて現場での実証試験が実施されている^{[5][6]}。また、内閣府が進める革新的研究開発推進プロジェクト (ImPACT: Impulsing PARadigm Change through disruptive Technologies) では、災害現場で有効に働く、タフなロボットを開発するタフロボティクスチャレンジが実施されている^[7]。さらに、東京オリンピックに合わせて、WRS (World Robot Samite) が開催される予定で、① BtoB 中心の分野 (ものづくり、農林水産業・食品産業分野)、② BtoC 中心の分野 (サービス、介護・医療分野)、③ インフラ・災害対応・建設分野の 3 分野で競技が設けられる予定である。③の分野では、プラント点検、プラントの中の人発見・救助などが利活用シーンとして想定されている。その会場とし

て福島県浜通り地域に災害現場や実プラントを模擬したテストフィールドの建設が進められている。

4. おわりに

本稿では、東日本大震災の経験から見えてくるロボットシステムの政策的および技術的課題とそれらの解決のアプローチについて考えてみた。東日本大震災における福島第一原発の事故は人類史上最悪の事故であり、その廃炉には30-40年の歳月が必要と言われている。これは、我々の世代だけでは解決できない未来への大いなる負の遺産である。この課題を次世代の人たちに託していかなければならない。その意味でも、経験や英知の伝承のために次世代を担う人材育成は非常に大切である。安全で安心して暮らせる災害に強い文化や社会を築くためには、俯瞰的に物事をみることができ、的確な判断をすることのできる人材育成も必須である^[8]。なお、本稿は筆者の原稿（「災害対応ロボット特集号によせて」、ロボット、No. 235, pp. 1-6, 2017^[9]）に手を加えたものであることを申し添えておく。

【参考文献】

- [1] 松野文俊, 阪神淡路大震災を振り返って, 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 2, pp. 138-141, (2010).
- [2] 特集号 震災対応 レスキューロボットの活動を振り返って I, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 1, pp. 1-41, (2014).
- [3] 特集号 震災対応 レスキューロボットの活動を振り返って II, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 91-161, (2014).
- [4] 田所諭, ロボカップレスキューロボットリーグ, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 9, pp. 983-986, (2009)
- [5] 特集号 次世代インフラ用ロボット現場検証 I, 日本ロボット学会誌, Vol. 34, No. 8, pp. 491-528, (2016).
- [6] 特集号 次世代インフラ用ロボット現場検証 II, 日本ロボット学会誌, Vol. 34, No. 9, pp. 571-607, (2016).
- [7] 特集号 タフ・ロボティクス, 日本ロボット学会誌, Vol. 35, No. 10, pp. 695-734, (2017).
- [8] 特集号 廃炉措置のための遠隔操作技術開発と人材育成, エネルギーレビュー, Vol. 35, No. 2, pp. 6-25, (2015)
- [9] 特集号 災害対応ロボットの適用, ロボット (日本ロボット工業会誌), No. 235, pp. 1-45, 2017

□ 電腦防災コンソーシアムによる 防災・減災イノベーション

慶應義塾大学環境情報学部准教授（有期） 山 口 真 吾

概 要

慶應義塾大学環境情報学部（山口真吾研究室）、国立研究開発法人情報通信研究機構（データ駆動知能システム研究センター）、国立研究開発法人防災科学技術研究所（総合防災情報センター）、ヤフー株式会社及びLINE株式会社は2017年10月、国民生活に身近なインターネット・メディア・人工知能（AI）を積極的に活用する防災・減災をめざして、「電腦防災コンソーシアム」を共同で設置した。

本コンソーシアムは、被災者・避難所の支援につなげるための災害情報に関する課題整理などを行い、本年4月に「インターネット・メディア・AIを活用して被災者に寄り添う防災・減災を実現する55の政策提言 ～電腦AIが内閣総理大臣の情報参謀に任用される時代をめざして～」と題する政策提言をとりまとめて公表した。本稿ではその背景や概要等を紹介する。

国・地方公共団体等に対しては本提言に基づくアクションを求めるとともに、コンソーシアムメンバーとしても、レジリエントな社会構築に向けて具体的に行動する予定である。

○ 電腦防災コンソーシアムによる政策提言の公表（2018年4月17日プレス発表）

<https://www.sfc.keio.ac.jp/news/012937.html>

http://www.bosai.go.jp/press/2018/pdf/20180417_01_press.pdf

<https://linecorp.com/ja/pr/news/ja/2018/2157>

1. 背 景

我が国は、地震・津波、水害・土砂災害、火山噴火などの自然災害により、数多くの被害を受けてきた。南海トラフ地震や首都直下地震などの巨大災害の切迫性が指摘され、一度発生すれば国家存亡の危機を招くおそれもある。このような自然災害に対して、国民や訪日外国人の安全・安心を確保して、レジリエントな社会を構築する必要がある。

発災時の災害応急対策、およびその後の復旧・

復興を迅速かつ円滑に行うためには、災害時に爆発的に増加する情報の収集・分析に関する体制を整える必要がある。戦前の戦史を挙げるまでもなく、災害応急対策を行う機関の機動力や精神力がいに優れていようとも、組織の「情報力」が劣る場合、自然災害を前にして準備と努力が水泡に帰してしまう。我が国が災害に打ち勝つことができるかどうかは、この「情報力」で決まると言っても過言でない。

現在、人工知能（AI）やビッグデータ、SNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）など、情

報通信技術（ICT）分野では、急激に技術革新が起こっている。にもかかわらず、防災・減災分野のイノベーションは立ち後れており、特に ICT の最新技術の社会実装は、鈍重だと指摘せざるを得ない。そこで、企業・研究機関・自治体関係者・学識者などで構成される電腦防災コンソーシアムは、国・地方公共団体などに対して政策提言を行ったものである。

（参考）電腦防災コンソーシアムのメンバー

【共同代表】（五十音順・敬称略）

白 田 裕一郎 国立研究開発法人防災科学技術研究所 総合防災情報センター長

江 口 清 貴 LINE(株)執行役員、公共政策室長、一般社団法人モバイルコンテンツフォーラム常務理事、一般財団法人情報法制研究所専務理事

竹 内 美 尋 ヤフー(株)メディアカンパニーライフライン事業本部 災害サービスマネージャー

鳥 澤 健太郎 国立研究開発法人情報通信研究機構 データ駆動知能システム研究センター長

山 口 真 吾 慶應義塾大学 環境情報学部 准教授（有期）

【幹事・事務局長】

木 戸 冬 子 国立情報学研究所 研究戦略室 特任助教

【委 員】

東 博 暢 (株)日本総合研究所プリンシパル

市 川 善 一 埼玉県危機管理防災部 消防防災課長

宇田川 真 之 財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構 人と防災未来セン

ター 研究部 研究主幹

鵜 野 正 志 東京都 総務局総合防災部 防災通信課長

岡 本 正 銀座パートナーズ法律事務所 弁護士・博士（法学）・防災士

織 田 美 穂 アビームコンサルティング(株) 執行役員

檜 原 猛 豊島区 総務部 防災危機管理課長

金 谷 泰 宏 国立保健医療科学院 健康危機管理研究部長、東京工業大学特定教授

川 村 一 郎 (一財)マルチメディア振興センター プロジェクト企画部長

小 林 和 則 (株)NTTドコモ サービス運営部 災害対策室 室長

小和田 香 ソフトバンク(株)テクノロジーユニット ソリューション推進室 兼 AI & データサイエンス部 プロフェッショナルテクニカル マネージャー

近 藤 久 禎 国立病院機構災害医療センター 副災害医療部長、厚生労働省DMAT事務局次長

ショウ・ラジブ 慶應義塾大学 大学院政策・メディア研究科 教授

杉 原 佳 晃 グーグル合同会社 執行役員 公共政策・政府渉外担当

瀬 尾 淳 スカパーJ S A T株式会社 宇宙・衛星事業本部 法人事業部 専任部長

橋 爪 尚 泰 NHK報道局 災害・気象センターセンター長

久 永 一 成 (株)フジテレビジョン 報道局取材センター ネット取材部 部長

平 本 健 二 東京大学公共政策大学院 非常勤講師（兼 内閣官房政府 CIO 補佐官・経済産業省 CIO 補佐官）

間 嶋 淳 大阪市 危機管理室危機管理課長
松 本 邦 久 下田有線テレビ放送(株) 常務取締役
武 藤 俊 一 一般財団法人全国地域情報化推進協会 企画部担当部長
村 上 建治郎 (株) Spectee 代表取締役CEO

※オブザーバとして、内閣官房情報通信技術(IT)総合戦略室、内閣府(防災担当)、個人情報保護委員会事務局、総務省、文部科学省等が参加した。

※肩書きは本年4月現在のものである。

2. コンソーシアムの問題認識

(1) 災害応急対策や被災者支援を成功させるには、災害情報の円滑な収集・分析等が不可欠となる。しかし、災害発生時には爆発的に大量の情報が発生し、被災自治体のマンパワーでは対応できないなど、「イノベーションを阻む壁」が立ちはだかっている。この壁を打破して、地域全体の「情報力」を強化しなければならないのではないか。

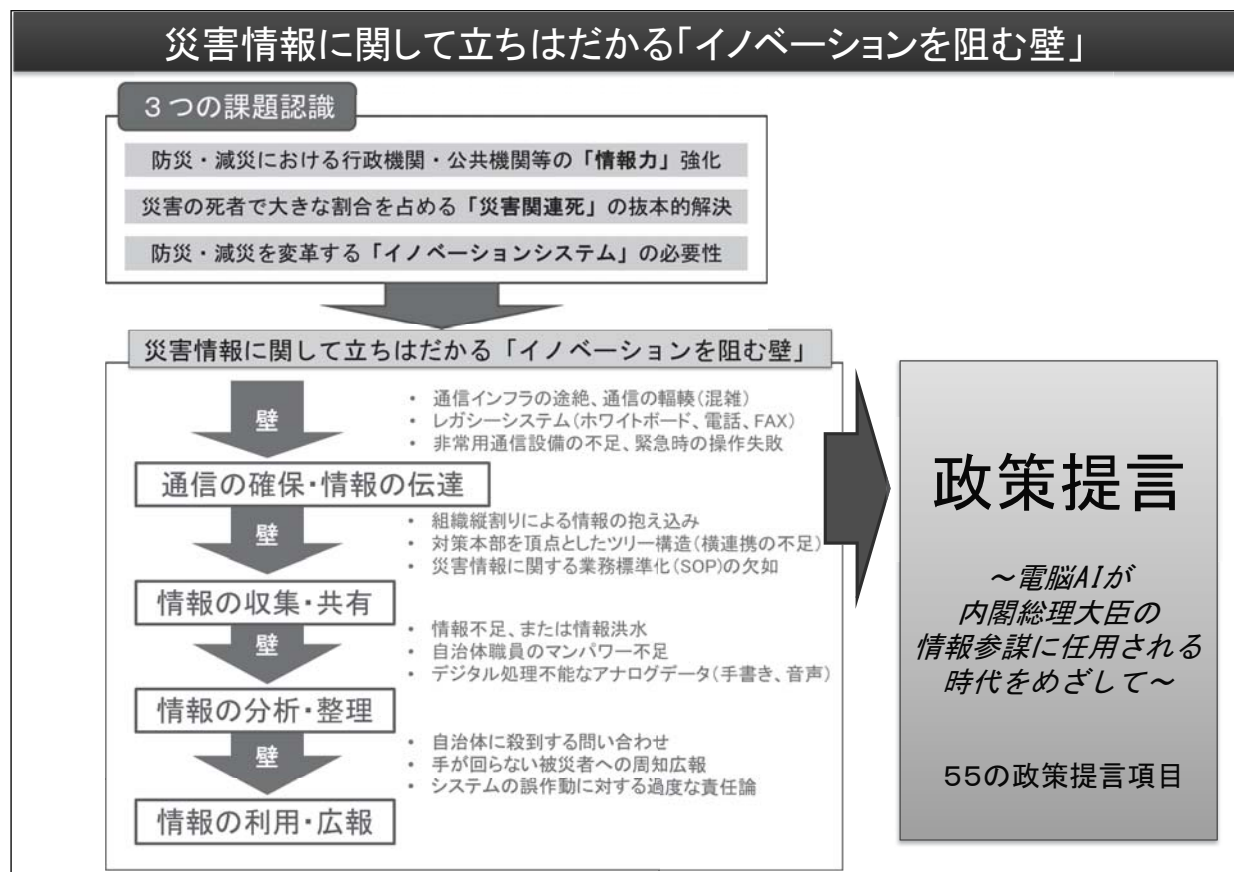
- スマートフォン、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、AI、シェアリングエコノミーなど、技術革新が急激に進展しているにもかかわらず、防災・減災分野では、総じて旧式のレガシーシステムに支配されている。
 - ・緊急通報の音声電話のみが被災者と行政機関を結ぶ唯一の「命綱」とされている。
 - ・対策本部のホワイトボードの情報は、わずか数メートル圏内の人間しかアクセスできない。
 - ・国の防災基本計画においては、「インターネット」や「スマートフォン」は国・地方公共団体・指定公共機関の間の正式な情報通信手段として規定されていない。

- 自治体職員のマンパワー不足により、情報洪水と情報錯綜に対処できていない。
- 組織の保有情報は、縦割りの弊害で共有されにくい。対策本部で頂点となり情報集約される仕組みだが、行政機関が麻痺した場合、地域全体の活動が停滞するリスクを抱えている。

(2) 近年、自然災害における死者のなかで大きな割合を占めつつある「災害関連死」は、東日本大震災や熊本地震で顕在化し、重要課題となっている。災害関連死は、いわば文明社会の怠慢であり、「情報力」の強化によって抜本的解決が必要ではないか。

(3) 行政機関・公共機関・企業・住民の「情報力」を強化するためには、防災・減災分野に積極的にイノベーションを起こす必要がある。しかし、同分野における政策、制度・ルール、体制、予算施策、官民連携、訓練は活発でなく、「イノベーションシステム」(仕組みを変革するメカニズム)は機能不全に陥っているのではないか。

- 緊急時の「情報の重要性」について共通認識がない。国・地方公共団体において、情報の伝達・収集・分析・整理・共有・利用の重要性や価値に着目した政策が欠けている。「情報」に着目した公共制度づくり、標準づくり、予算施策、組織体制が圧倒的に不足している。
- 防災・減災は、総じて、産学官それぞれが個別に取組を進めており、分断化(Fragmented)された状態。国においてそれらを統合化し、制度化するメカニズムが欠けている。
- 災害基本法制は、災害応急対策を地方公共団体の努力に頼る制度設計になっている。このため、全体最適をめざした十分かつ効



率的・効果的なものとは言いがたい。

- 災害情報の収集・分析・共有などに関する対応業務の標準化が遅れており、国家としての「情報力」に関する統制やリーダーシップが見えてこない。

3. 国・地方公共団体に求める政策提言

本稿では55項目の政策提言のうち、地方公共団体及び消防機関に特に関係する項目を抜粋して掲載する。その他の政策提言についても、是非、プレス発表資料をご確認いただきたい。

(AIによる災害情報分析の自動化、行政職員の負担軽減)

- 災害発生時には、爆発的に大量の情報量が発生する。被災自治体のマンパワーでは災害情報を処理しきれず、首都直下地震や南海トラフ地震、集中豪雨などの大規模災害に全く対

応できない。そのため、国・地方公共団体は、AIを用いることで災害情報の伝達・収集・分析・整理・共有・利用（以下「情報の収集・分析等」という。）の業務の自動化・省力化に直ちにに取り組むべきだ。

- 行政職員には人事異動があるため、「防災スペシャリスト」集団になりえない現実がある。被災自治体や中央省庁にとって、災害情報の収集・分析等は重要業務ではあるものの、現場では過大な負担となっている。このため、手間のかかる情報の収集・分析等の作業は積極的にAIに任せて、職員は優先度の高い高次元の仕事に専念できるようにすべきだ。国・地方公共団体は、AIによる防災・減災のオートメーション化を5年以内に実現すべきだ。これにより、緊急時の行政職員の負担を抜本的に軽減すべきだ。
- 国・地方公共団体・指定公共機関は、スマートフォンやSNS、AIを最大限活用すること

により、災害対策基本法や防災基本計画で謳われている「災害情報の分析・整理・要約・検索」に関する責務を確実に果たせるようにすべきだ。

（“ことば”で被災者を把握して、災害関連死を防ぐ）

- 防災・減災の第一の目標は、人の命を救うことだ。となれば、被災者の誰もが使い慣れていて、親しみのある「ことば」（つぶやき、会話、文字）を使って被災者の状況を把握できるようにすべきだ。被災者の「ことば」は重要な災害情報であり、国・地方公共団体は、被災者達の「ことば」をAIで分析させることによって、被害状況や被災者の困窮状況を全容把握すべきだ。
- 災害関連死の原因となる避難所生活の肉体的・精神的疲労、衛生状態の悪化、病院の機能停止による初期治療の遅れ、自殺を防ぐためには、スマートフォンやSNS、スマートスピーカー、サイネージを活用して、被災者の「ことば」を広域的かつ長期的に集めるべきだ。国・地方公共団体は、行政機関が直接集めた情報と「ことば」の情報の両方によって、被災者の食糧確保や寒暖対策、心身両面の保健医療対策、手厚い訪問支援につなげていくべきだ。

（新たな「被災通報制度」の導入）

- 緊急通報（110番、118番、119番）や行政への電話連絡によって被災者の状況を全容把握することは不可能であるため、新しい概念の通報制度を新設すべきだ。国は、新たに「被災通報」の概念を確立することにより、避難所やライフラインの状況、目撃した道路冠水などのインシデント状況など、緊急度が緊急通報ほどには高くないものの被災者支援につながる情報を行政に伝えることができる仕組み

みを構築すべきだ。国や地方公共団体、民間企業は、このような緊急時のビッグデータの収集メカニズムを確立することで災害時の情報の流れを交通整理し、緊急通報の輻輳を防止すべきだ。

（AIとの会話によって被災者ニーズに対応する）

- 最近のスマートスピーカーやチャットボットの流行を踏まえると、AIが被災者一人一人の困り事を会話によってお尋ねし、それぞれの被災者に寄り添ったカウンセリングや生活再建支援につなげていくことができる時代になりつつある。国・地方公共団体は、AIを用いることによって、被災者一人一人のニーズに合わせた、手厚い被災者支援につなげていくべきだ。

（理解の限界を超えた国・地方公共団体の制度体系）

- 関係府省や各地方公共団体の災害関係制度や通達類が膨大なものとなっており、住民はおろか被災自治体職員でさえも全容を把握し、理解することは困難となりつつある。国は、AIやSNSを活用した相談員制度やカウンセリングシステムなど、制度と利用者の間をつなぐ中間支援の仕組みを手厚く整備すべきだ。特に、複雑化している生活再建制度のアクセシビリティ向上に向けて、国は重点的に取り組むべきだ。

（“生活再建情報”の方から被災者に近づくようにする）

- 国や地方公共団体、メディアは、被災者の生活再建に関わる情報の積極的な「集約」と「発信」が求められている。情報が氾濫する現代社会においては、それぞれの被災者が必要とする情報をピンポイントに伝達できる仕組みが必要であり、そのため、「生活再建情報」

の出し手と受け手の「架け橋」が必要となっている。国をはじめとする教育機関は、被災者が「生活再建情報」を簡単に検索し、十分に理解できるようにするとともに、生活再建に関わる知識の備えを防災教育に組み込むべきだ。

情報に関するシステムを運用し、緊急時に情報を分析することができる「人材」が重要となる。このため、国及び地方公共団体は、災害情報を取り扱う人的資源の充実に向けて、能力開発や教育訓練を強化すべきだ。また、災害時には配置部署を超えて有能な人材を最大限活用できる柔軟な組織体制を平時から構築すべきだ。

(災害情報に関する教育訓練の強化)

(以上)

- 「情報力」で災害に打ち勝つためには、災害

政策提言の骨子【55の政策提言項目】

(1) “電脳AI”で被災者の命を救う

- AIによる災害情報分析の自動化、行政職員の負担軽減
- 最優先課題としての災害関連死
- “ことば”で被災者を把握して、災害関連死を防ぐ
- 新たな「被災通報制度」の導入
- AIとの会話によって被災者ニーズに対応する
- 電脳防災協議会(仮称)の設立
- 災害時の行政の広報をより簡単に
- 理解の限界を超えた国・地方公共団体の制度体系
- 電脳防災特区の制定
- “電脳AI”を内閣総理大臣の「情報参謀」に

(2) “情報共有”で災害対応能力を抜本強化する

- ICT活用による情報共有、組織の縦割りの打破
- 組織横断で情報共有を実現するSIP4D等の積極活用
- 住民への積極的な情報周知
- メディアが果たすべき役割
- “生活再建情報”の方から被災者に近づくようにする
- ライフラインの復旧情報の伝達
- 強靱な通信インフラの構築

(3) “標準化”で災害業務の無駄を撲滅する

- 急務となっている災害情報の標準化
- 避難所アセスメントの標準化、物資支援マッチングの実現
- 道路啓開情報の優先提供

(4) “人的資源”で災害に打ち勝つ

- 災害情報に関する教育訓練の強化
- AIやe-Learningを用いた訓練
- 「電脳防災訓練」の実現
- 官民合同情報チームの現地派遣制度

(5) “防災イノベーション政策”で安全・安心社会に変革する

- イノベーションシステムの活性化
- ばらばらな支援活動から統合化された活動へ
- 防災基本計画で欠けている「インターネット」の明記
- 災害情報に関するナショナルセンター整備
- 安全・安心のための公共分野への応用
- 防災産業の発展
- 災害情報の取組に関する予算増額
- 海外への情報発信、国際共同研究の推進



□ 防災・減災分野からのAI技術への期待

国立研究開発法人防災科学技術研究所

総合防災情報センター長 白 田 裕一郎

1. はじめに

情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）の活用が社会全般において急速に進められている中、2016年1月に閣議決定された第5次科学技術基本計画では、「Society5.0」という概念が掲げられた（内閣府 a, 2018）。Society5.0とは「人間中心の社会」とされており、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する社会として提唱されたものである（内閣府 b, 2018）。フィジカル空間の状態をデータとして取得し、サイバー空間上で情報として処理し、知識・知恵としてフィジカル空間にフィードバックするというサイクルをリアルタイムで回し続ける仕組みとして構築し、社会システムそのものに融合させていこうという流れであり、その中で重要な技術の1つに位置付けられているのが人工知能（AI: Artificial Intelligence）である。

防災・減災分野においては、災害対策基本法の規定に基づき、我が国の災害対策の根幹をなす基本的な計画として「防災基本計画」があるが、2017年に行われた修正により、「国〔内閣府〕は、関係機関の協力を得て、それらの情報の共有及び利活用に係るルール等を検討するものとする。」、「国及び地方公共団体等は、被害情報及び関係機関が実施する応急対策の活動情報等を迅速かつ正

確に分析・整理・要約・検索するため、最新の情報通信関連技術の導入に努めるものとする。」という文言が加えられた。さらに、前者の文言については、2018年に行われた修正で、ルールの「検討」が「作成」に変更されるとともに、「必要に応じて見直しを図るとともに、個別の情報毎に、関係機関間での共有及び利活用に向けた調整・検討を関係機関と行うものとする。その際、AI、ビッグデータ、宇宙技術等の活用も併せて検討するものとする。」と追加された（内閣府 c, 2018）。

いまやAIは今後の社会の継続的な発展において最も期待を寄せられている技術といえる。そこで、本稿では、このような背景とともに、実際に災害対応を行った現場での経験を踏まえ、防災・減災分野からのAI技術への期待を述べる。

2. AIに期待する3つの観点

筆者は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議が推進する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP: Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program）（内閣府 d, 2018）や、内閣府防災担当が推進する国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム（内閣府 e, 2018）に参画する中、機関・組織間での情報共有を仲介型で支援する「府省庁連携防災情報共有システム（SIP4D: Shared Information Platform for Disaster Management）」の研究開発を進めている。また、2015年の関東・東

北豪雨、2016年の熊本地震、2017年の九州北部豪雨、2018年の大阪府北部の地震等において、国や自治体の災害対策本部や自衛隊、警察、消防等の実動機関、災害派遣医療チーム（DMAT: Disaster Medical Assistance Team）等とともに現場で活動し、SIP4Dを活用して機関・組織間での情報共有支援を行ってきた。その経験から、今後、AIに期待する論点として、「負担の軽減」、「対応の連動」、「創意の誘発」の3点があると感じている。

2.1 負担の軽減

災害時、どの機関・組織においても、被災状況の把握や対応の意思決定・実行等のため、通常とは異なる膨大なタスクをこなす必要に迫られる。2016年の熊本地震において、筆者がかかわる中で最もニーズが高く、一方で作業負担が大きかったのが「避難所状況の把握」であった。熊本地震では、平時にあらかじめ自治体が指定した「指定避難所」に対し、「指定外避難所」が数多く出現した。避難所数が数百か所に上り、指定避難所の状況把握でもすでにオーバーフローする中、さらに指定外避難所がどこにあり、どのくらいの避難者がいて、どのようなニーズがあるのかを把握することに対し、自治体は困難を極めていた。結果として、発災直後は、県の災害対策本部には避難所に関する地図はもとより、リストすら存在せず、各機関でも状況が把握できていないという状態だった。そこで、筆者らはSIP4Dを用いてこの避難所情報の集約と一元的な整備を支援することとしたが、それぞれの自治体が集約する避難所情報のフォーマットが異なること、特に、避難所名の重複、誤記、省略形、住所・位置情報の有無など、記載上多くの不整合や多様性があり、機械的な処理が行える状態になく、住所や施設名称を頼りにWebサイト等で位置を特定し、地理空間データに変換するという人海戦術での対応に終始することとなった。

これらの作業を個々の自治体で行うことには大きな負担があり、これをAIにより、情報の選別、

整理、整合、位置情報付与などを行うことができれば、負担の軽減につながり、他の作業にリソースを割くことが可能となる。これに限らず、例えば、被災者からの問い合わせや都道府県と市町村間でのやり取り等、災害時には電話での対応が大量に発生するが、電話での窓口対応については、近年、銀行や宅配業、平時の行政サービス等の多くの分野でAIの適用が進んでおり、防災・減災分野への適用も早期に期待される部分である。災害対応において何より重要なのが「人」である。AIに対する期待として、まずは人的作業が必要な場面において、AIにより個々の作業を機械的にこなせるようにし、作業負担を軽減できないか、という点が挙げられる。

2.2 対応の連動

災害時には、様々な機関・組織が同時並行で活動することになる。したがって、互いに状況認識を統一し、全体としての確な対応をすることが肝要となる。しかし、実際にはこれが非常に難しい。それぞれ自らが把握している状況に基づき活動することに注力している中、他機関・他組織の動きにまで手を回す余裕はない。災害対策本部においては、各班あるいは各機関・組織ごとに「島」ができ、その中での情報共有に使われているのが「ホワイトボード」であるが、このホワイトボードはそのホワイトボードを使う「島」の人にしか情報が共有されない。災対本部会議等で状況を互いに口頭や文章で報告しあい、「情報共有した」としているが、事後振り返り等において、「そんな情報があったことをその時知っていれば、対応は違っていた」と、後々、「情報共有できていなかった」という意見を筆者は何度も見聞きしてきた。

そこで重要なのが、機関・組織の壁を超えた情報共有による「対応の連動」である。2017年の九州北部豪雨において、筆者らは自衛隊、消防、警察等の実動機関の活動における情報共有支援を行った。その中で、実動機関でも立ち入りができ

ないエリアがあることがわかったため、全天候型で自動運転可能なドローンを運用できる組織に対し、SIP4D を介してそのエリアと立ち入り可能なポイントの情報を示すこととした。その結果、その組織は立ち入り可能なポイントから自動運転でドローン撮影を行うことができ、さらに、その撮影データを SIP4D を介してアクセス可能な形で共有することで、実動機関が活用するという「対応の連動」につながった。また、発災後、天候不順が続く、公的機関による航空機からの空中写真撮影ができない中、実動機関は自らが得た部分的なヘリテレ画像で被災状況把握を試みていた。一方で、民間企業はヘリで大量の斜め写真を撮影していた。そこで、SIP4D を介してこれらの斜め写真を実動機関に提供することで、実動機関は被災状況を俯瞰的に把握し、被災範囲や活動範囲の特定を行うという、これも「対応の連動」が見られた。

このような「対応の連動」は、活動機関・組織同士の思いやりや気遣いで実現することは難しい。むしろ、それぞれの機関・組織は自ら行う活動に集中すべきであり、それとは別に、機関・組織の間に入り、それぞれの機関・組織の仲介となる存在が重要である。そして、その仲介的存在が、各機関・組織の活動で今何が進められ、何が必要となっていて、それは別のどの機関・組織にある情報が活用可能なのか、といったことを把握し、情報を集約・提供する。この中間的存在によるニーズの抽出、情報の選別、推奨、補完という場面で、AI の活用ができないか。AI に対する期待として、各機関・組織個々の対応状況を機械的に把握し、必要に応じて情報を集約・加工・提供することで、それぞれの対応同士を連動させ、全体最適を図ることはできないか、という点が挙げられる。

2.3 創意の誘発

前述の通り、まずは、現在行われている作業や活動そのものの負担を低減して「人的対応の効率を高め」、対応同士を連動させて「人的対応の効

果を高め」ることが不可欠である。そして、これらを達成できたとすれば、次に期待されるのは「人的対応を超えた対応」である。これについて、特に期待されることとして、「人的対応で顕在化しづらいリスクへの対応」が挙げられる。熊本地震の際、避難所を巡回していた医療活動従事者から筆者らに対し、「A 避難所にいる住民が、避難所の上のほうにあるため池が豪雨によりあふれそうだと心配している」という連絡があった。これを受けて、筆者らが基礎自治体や県の担当者に連絡することで、ポンプ車の手配なども行いながら、最終的には現場確認を経て事なきを得た。これは、個別活動と連絡による偶然のリスク対応として成功した例である。一方で、このような問題は、通常、リスクとして潜在的に存在した状態にありながら対処が行われず、リスクがクライシスとして、そして被害として顕在化して初めて、対応がとられることが多い。2018年の大阪北部の地震におけるブロック塀倒壊による悲痛な犠牲は、まさにそれに当たるといえよう。

人的対応の「負荷の軽減」と「対応の連動」を果たすことで、多くの情報が集約され、利活用可能な状態となる。これを最大限利活用し、総合的な観点から、新しい「創意の誘発」はできないか。人を超える対応を求めるのはその先として、今は最終的には人が判断するとしても、まずは、人では気付きにくい事象を抽出し、警告として示すところまではできないか。集約される様々な災害情報から次に起こりうる災害のリスクを自動検出・自動監視できないか。アドホックに発生する問題に対応できる意思決定支援ができないか。こういった点にも AI に期待するところである。

3. おわりに

本稿では、筆者が過去に関わった災害対応において直面した課題の観点から、防災・減災分野からの AI に対する期待を3点に概略的にまとめた。

より詳細な点については、国民生活に身近なインターネット・メディア・AIを積極的に活用する防災・減災をめざした「電腦防災コンソーシアム」の一員として、平成30年4月に一般発信した「インターネット・メディア・AIを活用して被災者に寄り添う防災・減災を実現する55の政策提言」にまとめ、期待を込めている（電腦防災コンソーシアム，2018）。

ただし、ここで重要なことは、AIに限らず、新しい技術に振り回されない社会として成長していくことである。Society5.0が目指すのは「人間中心の社会」であり、AI等の技術に任せる社会ではない。技術先行型で現場での負荷がかえって増大したり、対応が不連続化したり、人としての創意が生まれにくくなるのであれば本末転倒である。人が技術を最大限活用し、災害に対して「社会として強くなる」ことが何より大事な点である。

参考文献

内閣府 a, 科学技術計画（参照年月日：2018.6.30参照），
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
内閣府 b, Society5.0（参照年月日：2018.6.30参照），
<http://www8.cao.go.jp/cstp/society5.0/index.html>。
内閣府 c, 防災基本計画（参照年月日：2018.6.30参照），
<http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/kihon.html>
内閣府 d, 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（2018.6.30参照），
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>
内閣府 e, 国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チームについて（2018.6.30参照），
http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h29/87/news_05.html
電腦防災コンソーシアム，インターネット・メディア・AIを活用して被災者に寄り添う防災・減災を実現する55の政策提言（2018.6.30参照），
http://www.bosai.go.jp/press/2018/pdf/20180417_02_press.pdf

□米国におけるAIによる消防支援システムの 研究開発について

一般社団法人 日本防災教育訓練センター 代表理事 サニーカミヤ

2016年11月2日、NASA（アメリカ航空宇宙局）のジェット推進研究所（カリフォルニア州パサディナ）は、AUDREY（Assistant for Understanding Data through Reasoning, Extraction and sYnthesis/理由付け・抽出・分析によるデータ理解アシスタント）という人工知能（AI）を使った、消防活動支援システムが、国土安全保障省とNASA共同開発が始まったと発表した。

AUDREY についてのプレスリリース

Department of homeland security(国土安全保障省)
<https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Audrey2-fact-sheet-508.pdf>



AUDREY のイメージ（出典：Homeland Security）

オードリー（AI）は深層&機械学習で過去の火災防御活動や検証データを人工知能に学習させ、現場の消防士らが予期困難な火災特性や化学物質、有毒ガスなどのリスク情報を Head-Up-Display（HUD）と呼ばれる空気呼吸器の面体などを用いて情報を伝えることで、消防士らの生命を守り、現場活動を支援するシステム。

具体的には、火災や災害現場の様々なデータを分析して消防士からの問いかけに答えることができ、LTE（セルラー網）を介して進入活動・脱出

経路など、必要な安全情報が伝わる仕組みで、消防士のほか、救急救命士や警察官などの現場での協同作業にも応用できる。

AUDREY（オードリー）という名前は、カゾリックの守護天使の一人で、必要な時に重要なメッセージを伝える役割を持ち、情報の雲（クラウド）の中から火災現場で奮闘する消防士の動きと周囲の危険な状況を見下ろしていて、命を危険にさらさないよう具体的なアドバイスを伝えてくれる目的から名付けたようだ。

1、AUDREY（オーディリー）の消防現場活用について

AUDREY は消防現場活動員の個人装備であるヘルメットのシールドやスピーカーを通じて、下記の情報を提供し、消防士のリスク情報を検出することで、危険を未然に回避しながら、火災防御や災害対応を安全・迅速に行うために開発されている。

たとえば、過去の災害対応データを記録し、情報を精査して、適切な情報の元に人工知能を育てることで、ロボットというよりは、消防戦術や災害活動に詳しく、現場活動が豊富な科学者が全ての消防活動をサポートしてくれる時代が来ることを発表している。

以下、現時点での AUDREY を生かした消防活動情報検知・伝達・共有システム

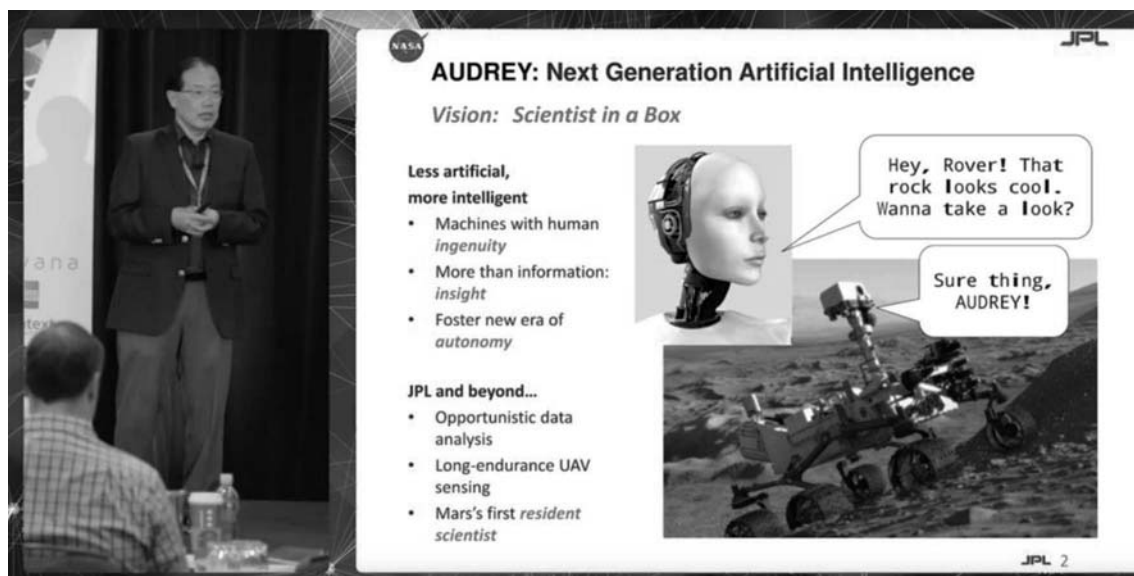
- ・消防士に必要な現場の危険予知（危険物・毒劇物・爆発物・有害物質などの検知）
- ・活動隊全体の把握と指揮判断（隊間の配置調整、風向きなどによる転戦指示）
- ・活動状況予測（消防戦術の選択、装備の選定、鎮圧方法と時間）
- ・火災建物の建築材料、建築工法、部屋の配置

情報

- ・大規模火災の場合は、現場指揮所の転戦指示タイミング、転戦場所アドバイス等
- ・発見した要救助者の観察データ（搬送先病院選定、必要な救命処置アドバイス、個人情報）
- ・延焼拡大の可能性がある場合の避難方向や安全避難距離、気象データに基づく警戒区域設定範囲、爆発物である場合は、爆発影響範囲。
- ・火災原因特定とエビデンス検知
- ・自然災害の場合は、被災影響範囲と消防対応優先順位、必要装備の選定や個数、燃料補給量、災害支援物品などの算出

AUDREY を活用したすべての消防活動時に起こった後、AUDREY からの情報エラーや指示ミス等はすべて、科学的な評価・検証プロセスを経て人工知能の情報書き換え処理が行われ、消防活動の精度を高める仕組みになっている。

下記の映像は AUDREY 開発担当チームの開発プレゼン映像だが、AUDREY はすでに火星探査機で、探査ロボットに具体的な調査指示、安全確認、動線誘導などの実験は行われており、人工知能から人間への指示だけではなく、ロボットへの



Machine Intelligence Summit NY 2016（出典：Youtube）

指揮命令も実証されている。

■ ↓ Ed Chow, Programme Manager, JPL, NASA –
Machine Intelligence Summit NY 2016 #reworkMI
<https://www.youtube.com/watch?v=N-LOmaEDrjk>



2、AUDREY（オードリー）の将来的な活用イメージ

こちらの映像は現役のベテラン消防士達に最新技術を装備した C-THRU（シースルー：可視という意味）空気呼吸器のマスクを装着し、排煙・消火活動に必要な煙や室内の温度、火災特性、フラッシュオーバーの予兆情報や煙の流動状態、また、サーモカメラや生体情報を検知するなどしながら、要救助者の検索・救助活動を行ってもらい、使い勝手や実用性などをコメントしたもの。

AUDREY と連携することで、AI 搭載の画期的な面体になることが期待されている。

また、C-THRU から発信される情報から、屋内進入隊員の活動位置はもちろん、空気呼吸器の残量や脈拍、呼吸回数、疲労状態、熱中症の予兆などが現場指揮者側で把握できるようになっている。

現場活動30年以上のベテラン消防士達が、「濃



C THRU PERFORMANCE TEST（出典：Youtube）

煙内でも現場内部の様子や要救助者の位置、火点の特性などが赤外線カメラやサーモグラフィー等で可能な限り可視化できたり、壁の向こう側の状態を把握できたり、今までの装備では考えられないほど、消防活動がスピーディーで安全になることを感じた。」と語っている。

■ ↓ C THRU PERFORMANCE TEST

<https://www.youtube.com/watch?v=qYEMsWCUB6M>



3、現役消防士からの体験コメント

下記のビデオでは、シアトル市消防局、ニューヨーク市消防局、ボストン市消防局のさまざまな消防現場における AUDREY を活用した個人装備について、必要性を語っている。

■ ↓ Future of First Response: Vision for Firefighting
<https://www.youtube.com/watch?v=I9bK-NjAhGM>



AI 搭載のジャケットには、防弾、防刃、GPS、体温センサー等が装備されており、防水のスマホや空気呼吸器の面体に体温上昇による脱水症状予防アラートが、現場活動隊員自身と現場指揮者側で常時、把握できるようになっている。

AUDREY の搭載は、個人装備ばかりではなく、消防車内のディスプレイや指令センターのディスプレイモニター（指令員画面）に組み込まれることが計画されており、下記のような流れで、AUDREY からの情報を生かして、消防活動を開



AI 搭載のジャケット（出典：Youtube）

始する。

たとえば、以下の火災現場活動に必要な情報を AUDREY から必要な範囲で得ることができる。

1、入電時

- ・通報者の位置と個人情報
- ・通報内容の悪戯の判断、常連の特定
- ・場所の危険特性
- ・出動署所から現場までの動線選択

- ・通報件数や内容からの応援要請判断

2、出動途上

- ・先着隊、後着隊、現場指揮者などの現場配置指示
- ・水利情報、風向き、避難状況
- ・交通渋滞や工事、事故情報をモニターに表示
- ・先着ドローンからの現場映像による状況判断



AI 搭載の消防車内ディスプレイにドローンからの映像と先着隊の配置状況が表示されている（出典：Youtube）



現場指揮者の AI 搭載ハンディパッドに表示された屋内危険箇所（出典：Youtube）

3、現場到着時

- ・建物内部の階数表示
- ・フロア毎のテナント状況、屋内避難経路表示
- ・避難誘導経路指示と避難困難者（障害者等）の一時避難場所の指示
- ・エレベーター内の閉じ込め者の位置や状態
- ・逃げ遅れ者の位置と人数、状態の把握
- ・建物構造の脆弱部を特定
- ・建物所有者情報やコンタクト
- ・周囲への延焼危険と延焼方向特定
- ・飛び火警戒区域範囲情報
- ・指揮者への特定車両や活動人員などの応援要請判断

- ・現場指揮に必要な情報すべて

4、人命検索活動開始から終了まで：

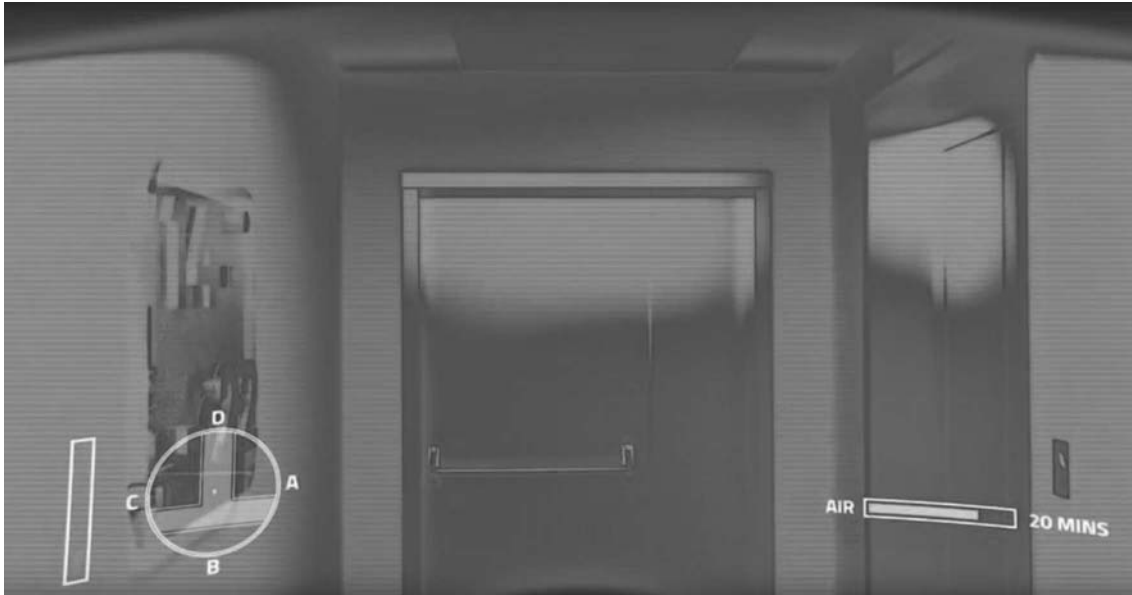
- ・屋内進入隊員への煙の流動方向や排煙箇所の指示
- ・安全区画の選定
- ・要救助者救出後の退出経路の具体的な動線誘導
- ・エア切れした消防士の脱出誘導
- ・消防士からの現場情報に関する質問への回答
- ・ボディーカメラ等の顔認証による要救助者の個人特定



ハンズフリー通話、音声明瞭化、空気呼吸器連動ヘルメット（出典：Youtube）

5、消火活動中

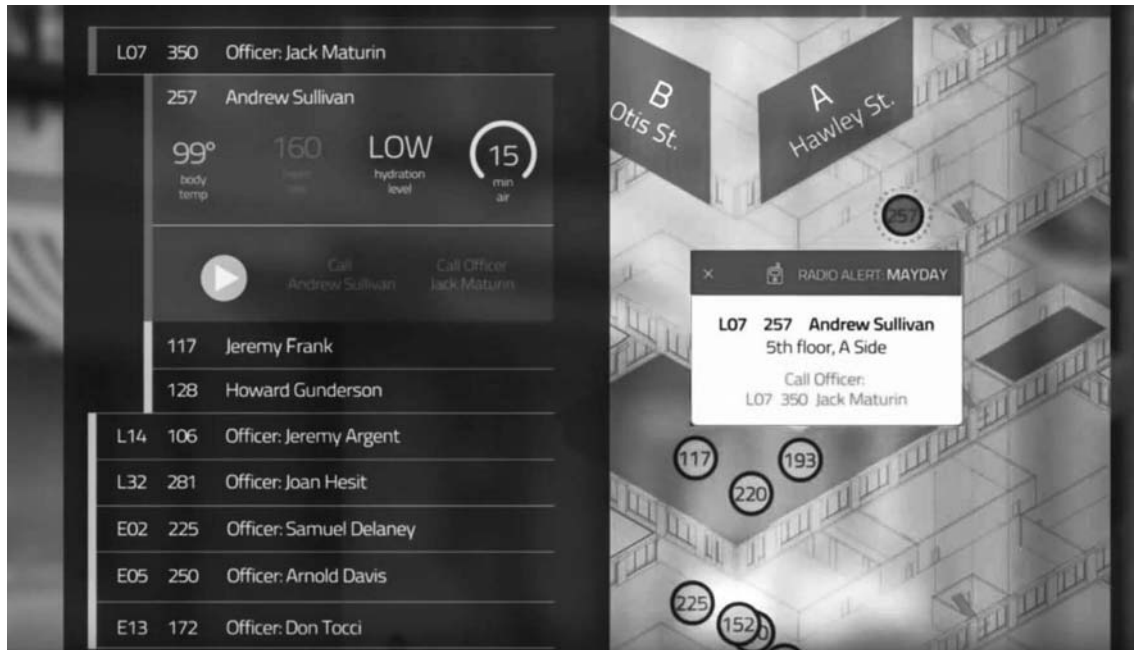
- ・適切な放水量調整情報による水損予防
- ・放水方向や火点の特定
- ・屋根裏・壁の間・床下などの残火情報
- ・建物の建材・建築工法の特定による倒壊危険予測
- ・塗料や内容物から発生する有毒ガス残留値
- ・空気呼吸器のエア残量と退出までのエア消費量を各個人の体力に合わせて計算
- ・活動隊員の休憩場所や活動休息。現場交替時間指示
- ・各隊員の健康状態データによる水分補給量やメンタルチェック



ヘルメットシールドを通して見た映像には、GPS 位置表示、残圧、サーモグラフィーによる環境温度が表示されている（出典：Youtube）



空気呼吸器の残圧が低くなったことを自動的に指揮隊に知らせる（出典：Youtube）



指揮隊のハンディードには、残圧が低くなった隊員の位置と周囲の隊員の位置などが表示されている（出典：Youtube）



残圧が低くなった隊員へは脱出時間と方向が表示される（出典：Youtube）

6、消火活動後

- ・防火衣、手袋、ヘルメット、ブーツ、空気呼吸器、その他の個人装備に付着した、発がん物質の特定と除染&処理方法表示
- ・放火、失火などの火災原因特定と発火源など

物質の特定

- ・全ての活動隊員の無線通信内容、活動動線、ボディーカメラやヘルメットカメラの映像収集と活動解析



防火衣に付着した有毒物質や発がん性物質は色分けして識別される（出典：Youtube）

7、その他

- ・防火衣は最軽量の素材で最大限の防火性能があり、熱中症予防のための自動クーリング装置、耐有毒物質&耐発がん性物質素材を用いている。
- ・ヘルメットに装備された無線などのコミュニケーションデバイスには声質明瞭化フィルターが付いており、空気呼吸器のシールド型面体と一体化されている。
- ・空気呼吸器のシールド型面体には、活動環境情報、エア残量や体温など各隊員の安全情報、危険箇所情報、消防対象物の内部環境情報などが、隊員の指示により必要毎に数秒間表示される。

8、AUDREYからの指示、活動アドバイス情報の評価と検証、データ修正。

現時点で、米国における AUDREY を生かした装備の現場導入時期は15年以内と予定しているが、変容する現場活動する消防士達は、常に命の危険がある中で、瞬時に活動を判断し、行動しなければならない過酷な現場であることから、開発の課題となっているのは次の通り。

- ・AUDREY からの情報の過負荷や遅延は活動に大きな支障を来すため、いかにその瞬間の消防士や指揮者の判断に適した安全活動情報をピンポイントに与えることができるか？
- ・AUDREY へは、特定利用者が認証システムを通じて、スマートフォンやインターネットからもアクセス可能であるが、911同時多発テロ等レベルの大規模災害発生時などは、どのようにして、特定の消防士に無線から家族へ無事をテレビ電話で伝えたり、家族からの励ましなどを得ることができるか？
- ・電波障害や停電、過大な電磁波の影響などで AUDREY へアクセスできない場合、どのようにして、現場活動中の消防士の安全を守るか？
- ・AUDREY に蓄積される現場活動データの共有範囲と情報管理責任体制、テロリストからの悪用リスク対策など、セキュリティシステムをどう構築するのか？
- ・AUDREY のメンテナンス、共有コストはどのように分散されることが望ましいのか？ 出動回数と活用頻度、情報重要度、規模によって、または、関係なく一律。

- ・警察、軍隊、沿岸警備隊など活動環境が重なる関係機関との災害現場情報共有範囲をどう判断するのか？
など

おわりに

日本が将来的に AUDREY の情報を共有する時代が来るのかはわからないが、日本の技術の叡智を結集して、AUDREY に対抗し、日本版は「AMIDA（阿弥陀）」などの名称で、日本国民の命を守る消防士のための人工知能を開発してはい

かがかと思う。

ただ、いずれ、消防活動に特化した人工知能を育てるとしたら、今のうちにインプットするための災害映像や火災防御活動シーンなどをボディーカメラやヘルメットカメラ等で録画して、消防活動アーカイブとして整理しておかなければ、間に合わないと思う。

アメリカのように10年先くらいまでの消防マスタープランを作って、将来的な計画をしっかりと作っておくことで、未来の消防士達にしっかりとした安全の仕組みを手渡せるような気がする。



原子力災害時における 段階的避難の実現の難しさに関する一考察

福島大学行政政策学類 佐々木 康 文

はじめに

2012年10月に制定された国の『原子力災害対策指針』において、原子力災害時に段階的避難を行うことが示された。この指針によって、原子力施設から概ね5キロの範囲にある予防的防護措置を準備する区域（PAZ）の住民に関しては、原子力施設で全面緊急事態に該当する事象が発生した場合、放射線被ばくによる確定的影響を回避するために、放射性物質の放出前の段階から、避難などの防護措置が取られることになった。また、原子力施設から概ね5キロ以遠30キロ以内の緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）の住民に関しては、全面緊急事態の場合、放射線被ばくによる確率的な影響のリスクを最小限にするために、まずは住民に屋内で退避してもらい、緊急時モニタリング調査によって放射線量が基準を超えたエリアを把握した上で、基準を超えたエリアの住民の避難や一時移転を行うことになった。すなわち、原子力施設に近い場所に住んでおり、放射性物質が放出された場合に影響が大きくなる可能性が高いPAZの住民を、できるだけ放出が起こる前の段階から先に外へ逃がし¹、UPZの住民に関しては、まずは屋内退避で放出による影響を低減させながら、計測された放射線量が一定の基準を超過するエリアに関してのみ、避難や一時移転が行われるということである。

仮に原発事故などが起こった際に、必ずしも避難や一時移転が必要とは考えられないエリアを含めた広い範囲の住民が一斉に移動を始めれば、渋滞が発生し、避難や一時移転の必要性が高いエリアの住民が安全な場所に出るまでにかなりの時間がかかる恐れがある。長時間の渋滞に巻き込まれてしまえば、結果的に不必要な被ばくを被ったり、別リスクを負う可能性も出てくる。他方で、原子力災害が発生し、原子力施設から放射性物質が放出された場合でも、屋内に退避することで、放射性物質を吸い込む危険性が減ったり、建物などの遮蔽によって外部被ばくが減少する可能性がある。それ故、段階的避難の考え方に従って、原子力施設の近くにいるためより大きい影響を受ける可能性があるPAZの住民を先に避難させ、UPZの住民に関しては、まずは屋内退避で影響を低減させつつ、一定の基準以上の放射線量が計測されたエリアの住民を後から段階的に避難させることができれば、結果的に、住民に対する影響がより小さく抑えられる可能性がある。また、広範囲の多くの住民が一斉に避難することによって生まれるかもしれない様々なリスクや混乱が結果的に回避できる可能性がある。筆者の解釈に間違いがなければ、段階的な避難には、このようなメリットがあると思われる。

円滑な段階的避難の実現は必ずしも容易ではない

しかし、円滑な段階的避難を計画通りに実現するのは決して容易なことではない。実際の災害発生時には、まず屋内退避を行うことになっているUPZの中でも、PAZに比較的近い場所にいる住民を中心として、自らもPAZと同じように先に避難することを望むケースが出てくる可能性がある。仮に、UPZの中から、屋内退避を行わず、早い段階で自主的に避難する住民がより多く出てきた場合には、渋滞が発生し、PAZの住民が影響を避けるために先に避難しようとしても、その多くが安全なエリアに出るのにはより長い時間を要する可能性があるだろう。

もちろん、これは程度の問題という部分がある。いかなる場合でも、屋内退避を行うのではなく、個人の自由な判断に基づいて、とにかく先に自主的に避難したいと考える住民がある程度存在するのは、当然のことである。その数がゼロになることはありえない。しかし、我が国では、福島原発事故以前から、チェルノブイリ原発事故、JCO臨界事故などから生まれた、原子力災害に対する強い負のイメージや恐怖心が多くの人々に存在していると考えられる。また、一般の人々にとって、原子力発電や原子力災害および放射線による人体への影響は、専門的で分かりにくく、五感で感じにくいいため、不安を感じやすい可能性がある。それ故、原子力災害は、地震や水害などのように、人々が日常感覚で理解したりそのリスクに対する相場観や物差しを形成するのが難しく、正当に怖がるのが容易ではない災害である。加えて、原子力関連のトラブルなどが起こっても、国や自治体および事業者などによって、本来伝えられるべき情報が住民に対して即座に伝えられないのではないかという不信感のようなものも根強い。このように、我が国に存在していると思われる背景的な事情を考えると、仮に今後原子力災害が起こっ

た場合、UPZ内で、屋内退避を行うのではなく、安全側に立って、指示が出る前に早く避難したいという気持ちが生まれる住民が予想よりも多く出てくる可能性は十分あると思われる。

地域事情と住民心理が段階的避難に与える影響

ところで、福島原発事故の際も、避難エリアの外側のエリアにおいて、避難指示が出ていないにもかかわらず、自主的に避難した住民が少なからず存在していたという事実がある。このことは、国会事故調査委員会の調査結果やNHKの報道などによって指摘されているⁱⁱ。福島原発事故では、3月11日夜に福島第一原発の2キロ圏内に最初の避難指示が出され、その後、3キロ、10キロ、20キロという形で避難エリアが大きくなっていったが、徐々に拡大した避難エリアの外側では、その時点では避難指示が出されていない場所であったにもかかわらず、自主的に避難行動を取った住民がいたのである。

しかも、福島原発事故で発生した様々な状況や問題を報道によって知らされ、原子力災害に関する負のイメージや不安感が以前より一層強まった現状のもとでは、仮に原子力災害が発生した場合に、避難エリア外でも、住民が自主避難行動を取りたいと感じてしまう可能性がより高まっている恐れがある。このことは、福島県以外の原発立地自治体の住民についても言えることであると思われるが、福島県ではより一層そうなる可能性がある。特に、福島原発事故によって実際に影響を受け、避難エリアの内外を問わず、様々な負担や苦しみを強いられることになった福島原発の周辺住民にとっては、事故による苦い経験とトラウマなどがあり、仮に今後福島県内で何らかの原子力災害が起こった場合には、避難指示が出る前に早く避難して災害を回避したいという心理と行動が強まる可能性がある。

以上で述べたこととの関わりで、ここで触れておきたいことがある。福島原発事故から今年で7年が経過したが、事故発生によって避難を余儀なくされた自治体では、帰還困難区域を除いて、避難指示が解除されたところもあり、まだ少数という自治体も多いが、原発周辺地域への住民の帰還が少しずつ進んでいる。福島県には、事故を起こして廃炉が進められている福島第一原発と、福島県などが東電に対して廃炉を求めている福島第二原発があるが、福島県は、これらの原発周辺にある13市町村を原子力災害重点区域に定め、原子力災害対策指針に基づきこの区域内にPAZとUPZを設定し、原子力災害時に、屋内退避や避難などの対応を行うことにしている。しかし他方で、現在の福島県では、仮に今後再び県内で原子力災害が起こった場合、これらの原発周辺で渋滞が発生し、円滑な住民避難が困難になる可能性があると考えられている。そのため、福島県では、この問題を検討するために、重点区域内の13市町村と関係機関などが構成員となって、「原子力災害時における避難に伴う渋滞対策検討会」が平成29年6月に発足した。この検討会の第1回目の集まりでは、自治体の担当者から、「被災経験のある住民に段階的避難を強いるのは困難」という意見が出されたⁱⁱⁱ。また、筆者も構成員の一人としてこの検討会に出席したが、原子力災害が起こった場合、「住民が一気に逃げる可能性がある」と考えている担当者がいたことを記憶している。現実の災害時に、実際にどのような結果になるかは分からないが、福島原発事故を経験した地域であるからこそ強まっている可能性がある住民心理と、そこから段階的避難の実現の難しさを、防災担当者が感じているということである。

また、次のことも指摘しておきたい。福島県で、渋滞対策の検討会が発足することになった事の発端は、平成28年11月に福島県の沿岸部で震度5弱の揺れを観測した地震が発生し、津波警報が出された際に、渋滞が各地で発生したことであっ

た。この渋滞は、2011年の大震災と大津波を経験した住民が、津波警報が出されたこともあり、車で避難するために幹線道路に殺到することで引き起こされたと思われるが^{iv}、このことから推測できるのは、住民には、原子力災害の再発に対する懸念だけでなく、かつて沿岸部に大きなダメージを与えた大地震と大津波に対する恐怖があり、渋滞が引き起こされた可能性があるということである。すなわち、原子力災害が単独で起こった場合でも、いち早く遠くに逃げたいという気持ちが住民の中で生じる可能性が考えられるが、そのようなことは、大地震と大津波だけでも起こりうる。しかも、大地震や大津波と連動して複合災害としての原発事故が起こったり、それらが連動して起こるのではないかという将来的な不安が生じた場合には、さらに大きな恐怖を住民に与え、段階的避難がうまくいかない可能性がある。

もちろん、廃炉が進められ、再稼働が困難と思われる福島の原発では、極端な事象が今後起こる可能性は非常に低いと思われる^v。特に、福島第一原発に関しては、国の原子力災害対策指針において、PAZを定める必要はないとされており^{vi}、福島県は国の指針に基づいて福島第一原発周辺にPAZを設定していない。しかし、そのような専門的な立場による福島第一原発のリスクに関する評価を住民に十分に理解・納得してもらうことができないまま、過去のトラウマが残り続けてしまえば、仮に今後福島県で何らかの原子力災害が起こった場合、無用な混乱やリスクが生じる可能性があるだろう。以上のように、特殊な地域事情や住民心理が存在している場合、段階的避難の仕組みだけを住民に提示しても、実際の災害時にそれを実現するのは簡単なことではないだろう。福島以外の原発立地自治体においても、円滑な段階的避難の実現を難しくするような、別の地域事情や住民心理が存在している可能性がある。それらを把握・分析しながら原子力防災に取り組む必要があるだろう。

円滑な段階的避難を実現するために重要なその他のこと

この他にも、原子力災害時にできるだけ円滑な段階的避難を実現するために重要であると筆者が考えていることがある。

まず一つ目に、原子力災害時に段階的避難を行うことそれ自体について、その内容と手順および理由なども含めて、大多数の周辺住民に対してしっかり説明がなされ、理解を得る必要がある。そもそも多くの住民が、原子力災害時の防護のあり方を知らなかったり、十分に理解していなければ、段階的避難はうまくいかない。特に、PAZの近辺にいるUPZの住民に関しては、丁寧に説明し、理解を得ることが重要だろう。原子力施設から概ね5キロを超えれば、そこは屋内退避を行うUPZである。福島原発事故では、20キロ圏内が避難エリアになり、40キロほど離れた飯舘村が計画的避難区域に指定された。これを踏まえると、PAZの近辺にいるUPZの住民は、自らが原子力施設から非常に近い場所にいると感じ、不安が大きくなっている可能性がある。このような住民に関しては、特にきめ細かく説明し、理解を得る必要があるだろう。

次に、災害時に原子力施設の周辺住民が居住エリアの状況をすぐに把握できるようにする必要があるだろう。とりわけ、UPZの中でもPAZに近いエリアに関しては、原子力災害が起こった場合、原子力施設の状況と災害の進展可能性、身近な場所の放射線量の変化、そして専門家による評価などについて、その内容を即座にかつ正確に住民へ伝えることが必要であろう。自らの置かれている状況が分からず、また、状況の変化に応じて速やかに防護措置が取られる安心感がなければ、安全側に立って、自主的に判断・行動する住民が増える可能性がある。

三つ目に、住民自身が、原子力発電、原子力災害、放射線とそのリスクなどに関する知識と評価

の物差しを事前にある程度持っていることも重要である。すなわち、仮に災害に関する様々な状況や数値などを伝達されたとしても、その意味がある程度理解できなければ、かえって住民の不安が高まってしまう可能性がある。もちろん、状況や数値の説明と評価に関しては、専門家の力を借りながら住民に分かりやすく伝える必要があるが、住民の側でも事前に学習し、災害に関するある程度の相場観や物差しを作っておく必要がある。原子力災害は、地震や水害などとは違って、直感的に理解しにくい災害であるため、これは重要なことである。様々な知識や情報を得て理解が深まれば、緊急時の住民の判断や行動が変わってくる可能性もある。

以上のことに加え、次のようなことも、避難指示が出されていないエリアにいる住民の自主的な判断と行動に影響を及ぼす可能性がある。例えば子供がいる家庭では、親に、自らの判断が子供の生命と健康を大きく左右するという責任の意識が生じて、安全側に立って、自主的に先に避難した方がよいと判断する可能性がある。また、道路事情や気象状況に関する不安があれば、先に移動したいという気持ちが生まれる可能性がある。加えて、地域社会では、住民同士の深いつながりと信頼関係が人々の判断を左右することがあり、知合いが先に避難しようとしているという情報が入ってきたり、信頼する人から伝わってきた災害に関する噂や警告などがスマホや口コミで拡散していく状況が生まれた場合などに^{vi}、先に避難したいという気持ちが生まれる可能性がある。また、全面緊急事態の際に、放射性物質が拡散する前に避難するPAZの住民が実際に移動する様子など、他人が行動する姿から影響を受けて、避難指示が出ていないエリアの住民が動き出すということも起こりえるだろうし、物資不足、生活維持の困難、医療に関する不安などがあれば、その場に留まって、屋内退避を継続するのは難しくなるだろう。他にも、地震による建物の倒壊や津波などの危険

にさらされる可能性がある建物の中では、屋内退避を継続することはできない^{vi}。そのような場合、住民がこれらのリスクの回避を優先して、避難するのは当然のことであろう。

おわりに

以上のように、円滑な段階的避難を実現するためには、ただ住民に避難の手順を提示するだけではなく、地域事情や人間心理も踏まえつつ、どのような要因が実現に影響する可能性があるのかを考える必要がある。これらのことは、防災を担当する自治体が住民とコミュニケーションをとっていく中で、把握していく必要があるだろう。また、災害への対応には、ハード的なものとソフト的なものの両方が必要であるが、原子力災害時に放射線の影響を低減させるためには、ハードの充実だけでなく、住民および関係者が得ている情報や持っている知識が重要になってくる。加えて、自治体と住民が互いに理解と信頼を醸成していることも重要であろう。

原子力災害は、地震や水害に比べれば、頻繁に起こる災害ではない。しかし、起こった場合には、被害が自然から人間の精神なども含めて広範囲に及び、長期間の対応を余儀なくされるやっかいな災害である。また、原子力防災についても、他の災害と比べて、直感的に分かりにくく、専門的であるため、住民にその内容と手順および合理性などを説明し、理解を得るのに多くの時間と労力が

かかる。頻繁に起こるものではない原子力災害を軽視したり、福島原発事故以前の安全神話に戻ることがないように気をつけながら、福島の経験を生かした原子力防災体制の充実強化のために時間をかけた地道な努力が今後必要である。

ⁱ もちろんPAZであっても、状況に応じて、屋内退避を行うことがありうる。

ⁱⁱ 『国会事故調査委員会・参考資料』120ページおよびNHK『クローズアップ現代 原発事故にどう備えるか 検証 避難計画』2014年3月5日放送。

ⁱⁱⁱ 福島民報2017年6月15日。

^{iv} 福島民報2016年11月23日。

^v もちろん、想定外の事象が発生する可能性を無視してはいけない。決して安全神話に戻ることなく、慎重に原子力防災体制を構築していく必要がある。

^{vi} 『原子力災害対策指針』（平成29年7月5日全部改正）77-80ページ。

^{vii} 原子力災害時には、情報によって、人々の判断や行動が大きく左右される可能性がある。それ故、原発周辺自治体は、災害時に流れている噂や情報を把握し、対応していく必要がある。また、正確な情報を様々なメディアによって伝えて、できるだけ曖昧な状況を作らないように努力する必要がある。

^{viii} 原子力災害が発生した場合でも、将来的に起こる地震や津波などによる影響が身に降りかかる可能性が高い場合には、それを避ける行為が優先されるのは当然のことである。熊本地震のように一度大きな揺れがあったにもかかわらず、本震が後からやってくるケースもある。そのような場合には、危険な場所で屋内退避を続けるという選択肢を取るべきではないだろう。

地域防災のイノベーション

岐阜大学流域圏科学研究センター 小 山 真 紀

地域防災と聞いて思い浮かべるのはどんなことでしょうか。地域で実施される防災訓練、行政が開催する防災講演会や研修、最近なら、地域住民が主体となって、自分たちが取り組むべき防災課題についてまとめる、地区防災計画¹などもあるかもしれません。

私自身、こういった防災講演会や研修の講師を依頼されることもあります。こういった講演会や研修では、日時と場所が指定されています。いつ、どこに、何時に集まって下さい。というわけです。「そんなの当たり前じゃないか。」と思われるかも知れませんが、日時と場所が指定されている。ということは、平日日中に開催すれば、その時間に仕事をしている人は参加できないですし、介護や育児を行っている人は、そもそも家を空けることも難しい。というような事情もあります。そして、こういった会を何度も開催するのは難し

いため、都市域でばかり開催すると、山間地などの人は参加することが難しい。ということもあります。

一方で、地域防災は、ある特定の人だけで担うものではありません。それこそ、一人一人ができる事をできる範囲で行い、お互いの困り事をちょっとずつ助け合う。それでもどうにもならな

表 1 講座の構成

章 名	単 元
第1週 防災情報をどう使う？	1. 講座の解説
	2. 風水害・土砂災害と防災情報 その1
	2. 風水害・土砂災害と防災情報 その2
	3. 洪水ハザードマップ その1
	3. 洪水ハザードマップ その2
	4. 土砂災害ハザードマップ その1
	4. 土砂災害ハザードマップ その2
	5. 地震災害と防災情報
第2週 過去の災害に学ぶ 風水害・土砂災害	6. 地震ハザードマップ その1
	6. 地震ハザードマップ その2
	1. 2015年関東・東北豪雨(1)
	2. 2015年関東・東北豪雨(2)
	3. 2016年台風10号(1)
	4. 2016年台風10号(2)
第3週 過去の災害に学ぶ 地震災害	5. 2017年九州北部豪雨(1)
	6. 2017年九州北部豪雨(2)
	1. 1923年関東大震災
	2. 1995年阪神・淡路大震災
	3. 2011年東日本大震災(1)
	4. 2011年東日本大震災(2)
第4週 私の防災・減災対策	5. 2016年熊本地震(1)
	6. 2016年熊本地震(2)
	1. 対策の振り返り(1)
	2. 対策の振り返り(2)
	3. 対策が進まない理由
	4. 対策をすすめる工夫
	5. 防災訓練の罨と活用
	6. 地区防災計画制度

1 従来、防災計画としては国レベルの総合的かつ長期的な計画である防災基本計画と、地方レベルの都道府県及び市町村の地域防災計画を定め、それぞれのレベルで防災活動を実施してきました。しかし、東日本大震災において、自助、共助及び公助があわさって初めて大規模広域災害後の災害対策がうまく働くことが強く認識されました。その教訓を踏まえて、平成25年の災害対策基本法では、自助及び共助に関する規定がいくつか追加されました。その際、地域コミュニティにおける共助による防災活動の推進の観点から、市町村内の一定の地区の居住者及び事業者（地区居住者等）が行う自発的な防災活動に関する地区防災計画制度が新たに創設されました（平成26年4月1日施行）。（内閣府：みんなでつくる地区防災計画ホームページより <http://www.bousai.go.jp/kyoiku/chikubousai/index.html>）

いときは、うまく、外部の力も借りる。ということが必要です。主体は、全ての人なのです。これは、いわゆる支援者だけの話ではなく、要支援者もまた主体です。どんな支援が必要か。ということはその人（あるいはその家族、日常で関わっている人など）しか分かりませんし、必要な支援を良い形で実現するためには、災害前の仕組み作りが欠かせません。それに、要支援者の方でも、完全に支援されるだけの人というばかりではなく、できることもたくさんあったりします。ある面では要支援者だけれども、別の面では支援者でもある。ということはよくある話です。

このように、地域防災に関わる人は、多様であるほど現実に即した対応を考える事が可能になる。という事情があります。それだけに、上記の防災講演会や研修を始め、地域防災活動には、ある特定の人だけでなく、多様な人が参加できる事が望ましいのです。とはいえ、これまでは、「その時間にその場所に来られない人は参加できない」という状況が、どうしても発生していました。そして、「参加できない人がいても、それは仕方ないことだ」という考えが主流でした。その結果、これまでの地域防災の講演会や研修会の参加者は、町内会の役員さんや、中高年の男性の割合が非常に多く、それ以外の属性の人はあまりおられない（もちろん、地域や主催者によりますが）ということも、防災研修「あるある」でした。

さて、本稿のもう一つのキーワードは「イノベーション」です。イノベーションは技術革新と表現されることも多いのですが、もう一つ大事な概念が「新結合の遂行」です。これまでできなかった事、なかったサービスが、新しい組み合わせによって実現できる。ということがポイントです。さて、皆さんもご承知のように、ICTの進歩はすさまじいものがあります。かつては、パソコンでインターネットに接続しても、今ほどの通信容量がありませんでしたが、現在では、スマートフォンでも気軽に大容量の動画を楽しむように

なりました。上述した防災研修は対面が主体でしたが、これが、ICTと結合したとき、何が起きるでしょう？そうです。これまでどうしても逃れられなかった、時間と場所の制約から自由になれるのです。なんだかわくわくしてきませんか？

こういう背景から、筆者はオンラインの防災講座を企画し、開講しました。こちらについて説明しながら、時間と場所の制約を超えた地域防災への取り組み＝地域防災×ICT、すなわち、地域防災のイノベーションについて考えていきたいと思っています。

今回開講した講座は「事例に学ぶ災害対策講座」というもので、過去の災害事例を通じて、被災するとどんなことが起きてしまうのか。どうすればそれを防ぐことができたのか。防災対策を実際に考える時のポイントや、陥りやすい罠などを学ぶことを目的としています。この講座は、gaccoにおいて、2018年3月14日から5月23日まで開講されました（https://lms.gacco.org/courses/course-v1:gacco+ga090+2017_12/about）。現在は閉講していますが、講座の動画はすべてyoutube（<https://www.youtube.com/playlist?list=PLaV440MqR1x9Ijh6skFg3DmVshsNoyKTE>）で公開していますので、興味ある方は覗いてみてください。

この講座は4週の講座で、第1週が「防災情報をどう使う？」ということで、警報や避難情報な



図1 講座画面例

どの気象情報や、震度などの解説、そして、ハザードマップの読み方と使い方について解説しています。第2週は「過去の災害に学ぶ 風水害・土砂災害」ということで、2015年関東・東北豪雨、2016年台風10号、2017年九州北部豪雨を例に挙げ、どんな事象が起き、それに対して人はどう動いた（動かなかった）のか。ということを実証しています。第3週は「過去の災害に学ぶ 地震災害」ということで、1923年関東大震災、1995年阪神・淡路大震災、2011年東日本大震災、2016年熊本地震を例に挙げ、それぞれの地震被害の特徴（火災、揺れによる家屋倒壊、津波、災害関連死）について解説しています。第4週は「私の防災・減災対策」ということで、第3週までに解説した事例で、実際に行われた対策の振り返り、地域防災対策が進まない理由と進めるための工夫の紹介、防災訓練が時として防災を阻害する罠になりうることで、そうしないための工夫、そして、地区防災計画制度について解説しています。内容は結構盛りだくさんですが、風水害や地震における被災イメージを作り、実際に対策を考えるための知識や材料を示している点で、地域防災に取り組もうとする人にとって、使いやすい講座になっています。

この講座ですが、動画を視聴して、各週の理解度確認クイズを解き、講座修了時にはレポートを提出する。という仕組みになっています。講座のホームページには掲示板も設置され、受講者同士、受講者と講師が自由にやりとりできる環境も用

意されています（図1）。受講登録者は2,144名で、一度でも理解度確認クイズを受講したアクティブユーザーは514名（24%）でした。このうち、修了要件を満たした人は342名（16%）でした（修了証発行後に講座解除した人が1名いるため、実際に修了した人は343名です）。広く一般の人を対象として、この人数で4週間の継続的な対面講座を行うのは、難しいのではないのでしょうか。

さて、地域防災×ICTの新結合で、どんなことができるようになったのでしょうか？講座アンケートなどの結果から見てみましょう。本講座はパソコンだけでなく、スマートフォンからでも受講できるため、時間と場所の制約が解消されます。図2に受講者の都道府県分布を示していますが、この図から、広く全国から受講されていること、海外からも受講されていることが分かります。これは、対面式の講座ではできないことです。もちろん、インターネットが使えない人は使えない。ということはあると思いますが、インターネットを使える人が身近にいて、一緒に受講する。という手も使えますので、対面講座よりは裾野が広がっていると言えるのではないのでしょうか。時間という面では、いつでも、短時間でも受講できますので、移動中の電車の中や、隙間時間を利用して受講することができるため、仕事をしている人でも受講しやすい形になっています。図3に受講者の職業を示していますが、この図から、受講者の半数近くの人がフルタイムで働いている人であることが分

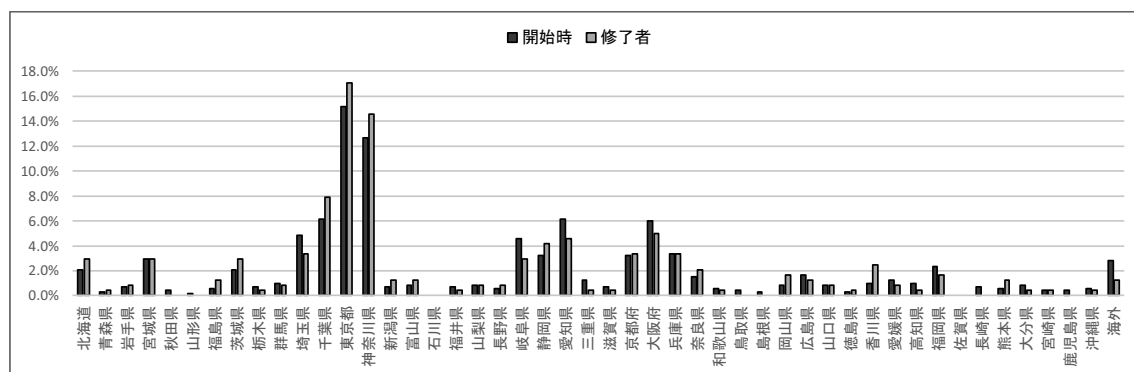


図2 受講者の都道府県分布

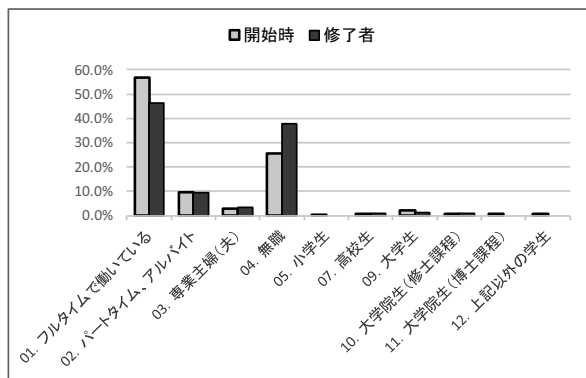


図3 受講者の職業分布

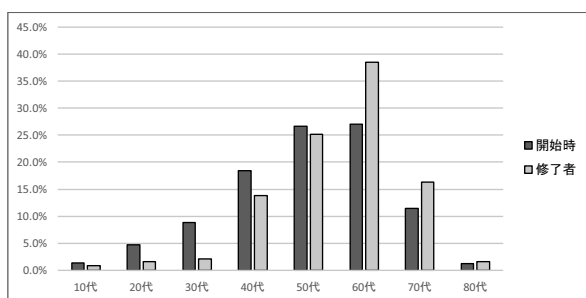


図4 受講者の年齢分布

かります。図4に受講者の年齢分布を示します。開始時と修了者を比較すると、比較的若い年代の修了率が下がっているため、修了まで継続して受講するのは、若い世代では、相対的に難しいということはあるようですが、それでも、幅広い年代から受講されている事が分かります。男女別でみると、開講時と修了者を比較すると、女性の修了率が低くなっていますが、受講時で23%、修了時で13%です。図5に修了者の性別年齢分布を示します。こう見ると、女性の方が男性よりも年齢層

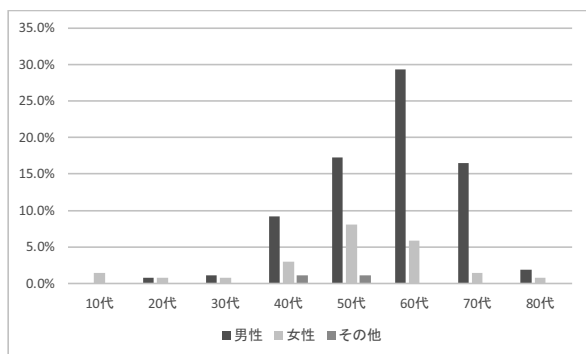


図5 修了者の性別年齢分布

が低い分布になっているようです。私が講師をつとめている対面型の防災講座では、参加者に一人も女性がいなかったということもちょくちょくありますので、そこから考えると、オンライン講座の方が、女性にも参加しやすいということはあるようです。

また、動画には、字幕が付加されているので、聴覚障害があっても講座を受講することができます。実際、修了後のアンケートから、難聴の方にとって、字幕はとても重要だとのご意見をいただいています。アンケートへの記述はありませんでしたが、自由に何度でも好きな場所で受講できるというのは、発達障害など、周りの環境によって集中することが難しかったりする人にとっては、受講しやすい環境ではないかと思います。

本講座をどこで知ったかという項目では、gacco の案内の他に、「土木学会認定 e-ラーニングの講座として指定されていた」、「会社で奨励された」、「雑誌に掲載されていた」、「防災関係のホームページを通じて」など、多チャンネルから情報を受け取っていた事が窺われます。講座の存在を知る窓口が多様であるということも、普段こういった講座を知る機会のない人が講座を知り、受講機会を広げるという意味で、大事なことだと思います。

この講座では、受講者に、講義動画のダウンロードと講座スライドのダウンロードを許可していました。すると、掲示板で、「インターネットが使えない人もいますので、この資料を使って講座をしてもよいか？」という問いかけがあり、営利目的以外であれば出典を明示した上で利用してもらえるようにしていました。実際に講座を開かれたのかどうかは分かりませんが、素材の二次利用が容易である事もオンライン講座のメリットの一つです。受講者がこの素材を使ってさらに講座を行うことで、裾野がますます広がることが期待できます。

筆者はある自治体で行った研修プログラムが終

了するとき、講座の様子を撮影し、講座の配付資料とあわせて、その後のフォローアップで再活用してもらえるようにしました。筆者自身はフォローアップに関わっていないので、具体的な活用状況は分からないのですが、先日、元の担当者にお話を伺ったところ、現在でもその講義動画と資料（情報の改定などはありませんが）は活用されているそうで、地域で防災活動をする人たちに役立っているそうです。

地域防災は、関わる人をどれだけ多様に、たくさん巻き込めるかがポイントです。そういう意味

で、筆者一人が直接会ってお話できる人数は限られています。ICTを活用することで、受講人数の制限が大幅に緩和されるだけでなく、受講者がさらに他の人に伝えることを促すことで、さらに裾野を広げることができます。こういう動きは筆者だけでなく、あちこちで始まっていて、これから、こういった動きがどんどん加速していくのではないかなと感じてワクワクしています。

みなさんも、地域防災のイノベーション。はじめてみませんか？

消防力の強化充実に向けての四日市消防の取り組み

四日市市消防本部

1. 四日市市の概要

四日市市は三重県の北部に位置し、西は鈴鹿山系、東は伊勢湾に面した温暖な地域に位置し、沿岸部には日本有数のコンテナ事業所を有しています。

当消防本部の管轄面積と人口は、消防事務を受託している三重郡朝日町、川越町を合せ、面積221.16km²、人口337,575人となっています。（平成30年4月1日現在）

当消防本部の体制は、消防本部に総務課・消防救急課・予防保安課・情報指令課・救急救命室・防災教育センターを設置し、市街地に中消防署・北消防署・南消防署の3消防署を置くとともに、海上・沿岸地域に港分署、中央部に中央分署、北部に北部分署、南部に南部分署、西部に西分署、北西出張所及び西南出張所を配置し、受託地域の三重郡朝日町に北消防署朝日川越分署をそれぞれ配置して有事即応体制の確立を図っています。

これに対応する消防力として、消防職員定数361名、消防車両84台のほか、1消防団と市内各地区に26分団、29分団車両と団員620名を配備しています。

また、当消防本部は三重県内唯一の高度救助隊を有しており、海外で大規模な災害が発生した場合に活躍する国際消防救助隊（IRIT）へも6名の隊員が登録されています。

一方、国内における大規模な災害に対応するた

め、緊急消防援助隊の三重県代表消防本部としても広域応援訓練に参加すると共に、本市が被災した場合に備え耐震性貯水槽の設置をはじめ、住民による自主防災組織の活性化を図り、住民と一体で安心・安全なまちづくりを目指しています。

2. 新消防分署の整備

当消防本部では、火災や救急をはじめとする各種災害から市民の生命、身体及び財産を守り、「災害に強い安全なまち四日市」の実現を目指して様々な取り組みを進めています。

そのような状況の中、平成25年度に（財）消防科学総合センターにて実施した「消防力適正配置調査」に基づき、消防車や救急車の現場到着時間の短縮を図るため、平成29年度には南消防署南部分署を平成30年度には北消防署北部分署の整備を行いました。

平成29年4月に開署した南部分署は、敷地面積約2,000m²に鉄骨造2階建て延べ面積約580m²の庁舎を整備し、1階部分には、事務所、会議室、消防車庫を配置し、2階部分には仮眠室、食堂、浴室、倉庫を配置しています。

また、配置車両と人員については、圧縮空気泡消火システム（CAFS）を搭載した消防ポンプ自動車（CD-I型：水槽付）に加え、高規格救急車、広報車、予備消防車の4台を配置し、分署長、日勤勤務者及び交替勤務者を1係5名の3係

の計17名を配置し、24時間体制で災害出動に備えています。

平成30年4月に開署した北部分署は、約23,000㎡の敷地面積を有する三重県広域防災拠点（北勢拠点）内に北部分署として約5,000㎡敷地面積を占有し、鉄骨造2階建て延べ面積約1,390㎡に消防庁舎と市の拠点防災倉庫を併設して整備を行いました。

消防庁舎については、1階部分には、事務所、会議室、消防車庫を配置し、2階部分には仮眠室、食堂、浴室、倉庫を備え、消防分署部分と区画した形で1、2階には市の防災倉庫も併せて整備されており、配置車両と人員については、南部分署と同様の配置を行い、同じく24時間体制で災害出動に備えています。

また、庁舎の屋上にはヘリポートを整備してお

り、北部分署開署前の3月には屋上ヘリポート検証訓練を実施して、三重県ドクターヘリ、自衛隊守山駐屯地第10師団、名古屋市消防局航空隊との夜間を含む離着陸訓練や本市消防隊との連携訓練を行いました。

当屋外ヘリポートについては、ドクターヘリコプターや防災ヘリコプターのランデブーポイントとなるほか、高速道路の多重事故や大規模災害での物資搬送等に活用することを予定しています。

この新消防分署を整備することにより、全市的な消防力の強化を図ると同時に、消防車や救急車の現場到着時間の短縮に大きな効果が見込まれ、災害への初動体制の強化が図られ、救急の分野においては更なる救命率の向上につながるものと考えています。



南部分署の外観



北部分署の外観



北部分署の屋上ヘリポート（夜間でも離発着可能）



3. 消防ロボットシステムの研究開発

平成26年度より総務省消防庁消防研究センターが開発を進めている消防ロボットシステムは、エネルギー・産業基盤災害即応部隊（ドラゴンハイ

パー・コマンドユニット）の充実を目的として研究開発が進められており、昨年度、当消防本部ではプロジェクトチームを立ち上げ、昨年8月から10月までの2か月間に渡り実証実験の協力を行いました。

本研究開発の背景には、今後発生が懸念されている南海トラフ巨大地震や首都直下地震の被害が想定される地域には、エネルギー・産業基盤が集積していることや石油コンビナートにおける特殊な災害では、災害現場に近づけない等の課題がある中で、最先端のICTやG空間技術を活用して、情報収集から放水活動までを自動・自律的に行える消防ロボットシステムの開発を行っているものであり、システム内容は、偵察・監視ロボット（飛行型、走行型）、放水砲ロボット、ホース延長ロボットから構成されています。

昨年10月には、実証実験の総まとめとして、市内のコンビナート事業所において東日本大震災の際に発生した大規模な石油コンビナート災害時のような消防隊員が近づけない状況を想定した検証訓練に取り組みました。まず飛行型偵察ロボット（ヘリ型ドローン）が自動操縦で指定ルートを飛行し、上空から発災したタンクを可視カメラと熱画像カメラで撮影し、続いて地上型偵察ロボット

が自律走行で発災タンク付近まで走行して飛行型と同じく2種類のカメラで撮影を行い、それぞれが操作卓にリアルタイムに情報を伝送しました。

また、地上偵察ロボットは可燃性ガスの検知を行い、この情報を基に放水砲ロボットの部署位置を決定し、その後、放水砲ロボットとホース延長ロボットがセットで部署位置まで自律走行を行い、150mm大口径ホースをドラゴンハイパーコマンドユニットまで延長した後に大容量放水を実施しました。

放水中でも飛行型と地上型のロボットから映像などの情報を伝送し、操作者は映像で確認しながらリモコンで放水ノズルの角度調整を行うことができます。

消防ロボットシステムについては、現在も実用化に向け消防研究センターにより研究開発が進められており、今後も当消防本部としても協力していきたいと考えています。



操作卓によるシステムの操作



飛行型ロボット（ドローン）の操作



放水砲及びホース延長ロボット



放水砲ロボットによる放水状況

4. 外国語翻訳アプリ「救急ボイストラ」と「三者間電話通訳システム」の導入

当消防本部では、増加が予想される外国人来訪者に対応するため、本年4月1日から予備救急車を含むすべての救急車14台に、外国語翻訳アプリ「救急ボイストラ」がインストールされたスマートフォンを導入し運用を開始しました。

全車両への導入は三重県内初であり、外国語翻訳アプリを導入することにより、外国人とのコミュニケーションを容易にすることで円滑な救急活動を目指しています。

導入した翻訳アプリ「救急ボイストラ」は、総務省消防庁が救急隊員向けに開発した携帯アプリで、英語や中国語、ポルトガル語をはじめ30の言語に対応でき、そのうち22言語は音声の聞き取りができ、主な16言語については文章を発声することが可能で、救急隊員がよく使うフレーズを例文化して表示できる機能も備えています。

運用開始前の3月23日には、消防本部防災センターにおいて、救急隊員80名を対象とした講習会を開催し、四日市国際交流センターの外国人職員を患者役として招き、「救急ボイストラ」を使っ



救急ボイストラ取扱い研修

5. 消防活動用ドローンの導入

現在、小型無人航空機（以下、「ドローン」という。）は、世界的にホビー用から産業用へと使用用途が急速に拡大しており、消防・防災の分野

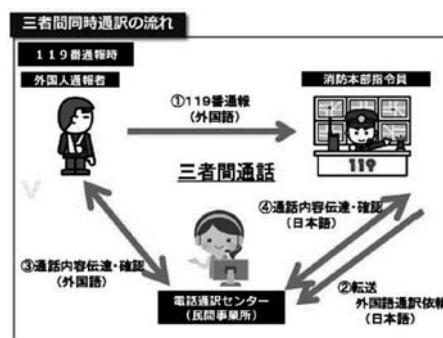
た搬送デモンストレーションを実施してアプリの使用方法について確認を行いました。

また三重北消防指令センター（四日市市、桑名市、三重郡菰野町の3消防本部による共同運用）では、本年6月1日から日本語を話すことができない外国人の方からの119番通報に円滑且つ迅速、確実に対応できるよう「三者間電話通訳システム」を三重県内で初めて導入しました。

本システムについては、日本語を話せない外国人から119番通報を受信した際に、指令センター員が通訳センターに119番通報を転送し、通報者である外国人、指令センター員、通訳者の三者が同時に通話できるシステムです。

対応言語は、英語、中国語、韓国・朝鮮語、ポルトガル語、スペイン語の5か国語となっています。

本市には現在、約9,000名の外国人が居住しており、また、四日市港における外国クルーズ船の寄港や東京オリンピック・パラリンピックなどの国際的イベントを控え、本市を訪れる外国人の増加が見込まれていることから、今後、外国人の方からの通報や災害現場での対応に本システムを有効に活用していきたいと考えております。



三者間電話通訳システムの概要

においても例外ではなく、全国には既にドローンの導入を行っている消防本部もあります。

そのような状況の中、当消防本部においても今年度、火災の延焼範囲や土砂災害等の災害状況の把握など、災害時において上空から迅速かつ効率

的に情報を収集することを目的に、消防活動用ドローンを購入し運用することを予定しています。

整備するドローンは、中型の消防活動用ドローン1機と訓練用ドローン1機の計2台を導入し、併せて操作員の養成や運用体制についても整備を



消防活動用ドローン

行う予定です。

また、災害発生時以外においても平常時において上空からの防火対象物の調査やコンビナート事業所の施設の安全点検など、火災予防対策への活用についても検討しております。



訓練用ドローン

6. 消防防災情報収集システムの導入

本市では、毎年、意欲ある職員の自由で新たな発想を政策形成に生かすため、「職員による政策提案制度」を実施しています。

この制度は、職員から事業提案を募集し、審査委員会でプレゼンを行い提案の選考を実施します。選ばれた提案については、約5か月間に渡り調査・検討を行って、最終的に市長や副市長に成果発表を行い、優れた提案については事業化されるものです。

昨年度、当消防本部の職員が、この政策提案にてスマートフォンを活用した災害情報等の情報収集システムの導入について提案を行ったところ、本提案が事業化されることになり、現在、本運用に向けて取り組んでいるところです。

本システムの内容は、配信した消防防災情報収集アプリを配信して、当アプリがインストールされたスマートフォン等のカメラで撮影した災害状況等の写真や動画がインターネット上の地図に表示されるシステムとなっています。

活用方法については、火災や自然災害発生時において、火災状況、冠水状況、がけ崩れ、家屋倒

壊等の災害状況を、本システムを活用して情報を入手し、迅速な災害対応に活用する予定です。

また、平常時には消火栓や防火水槽等の消防防災施設の状況について、異常を確認した場合等に本システムを活用して情報を入手し、維持管理情報としても活用を検討しています。

現時点では、本システムを活用する対象者は、市職員及び消防職団員を予定していますが、システムを運用する中で将来的には市民の皆さんにも活用して頂けるよう検討していきたいと考えています。



情報収集システムの概要図

連載講座

第39回

衛生思想普及の先駆者・松本良順

作家 童門冬二

士魂洋医のオランダ医者

慶応4（1868）年9月8日に改元されて年号は明治となった。ことしはそれから150年目に当たるといふことで、いろいろな行事が催されている。

幕末から明治にかけて、識者は日本人の生き方についていろいろな道標を掲げた。開国によって260年にわたる“閉ざされた国”の玄関や窓が開けられ、ドッとヨーロッパの文化がとびこんできたからだ。そのため日本人のよき生活習慣や美風も汚され、「皆が外国かぶれになってしまう」と憂える識者が沢山いた。これらの識者は、「外国の文化をとりいれるのはよいが、日本人精神を失うな」と主張した。「和魂洋才（芸。外国のとくに科学知識や技術）」・「東洋の道德・西洋の科学」などと唱えた。

明治になってからは武士が商人に転身する者が多かった。しかし商を賤しむ儒教の影響は依然として残り、「士魂商才」などという「言葉」が流行した。「商人になっても武士の精神を忘れるな」という主旨である。この稿で紹介する松本良順は“士魂洋医”とあっていい。もちろんこんな言葉はない。主旨は「日本の武士の精神を忘れずに、ヨーロッパのすぐれた医術をおこなう」ということである。

良順の父は順天堂の創始者佐藤泰然で、オランダ医学者だった。早くから病院建設の志望を持っていた。良順は次男だったので幕医松本良南の養

子になった。猛反対が起った。当時の幕医は「医学館」という組織が主管し、医学館は漢方医の多紀氏が主宰していた。いきおい属する医者もすべて漢方医だ。

「その中にオランダ医者の息子を迎え入れることはできない」という偏狭な固定観念に支配されていた。蘭（オランダ）学は“蛮学”と蔑称され、とくに人体解剖を嫌悪した。

しかし良順は凹まなかった。医学館に「試問してほしい」と申出た。試問会がおこなわれた。居並ぶ漢方医から雨のように意地の悪い質問が降り注いだ。

ところがそれらの一問一問に対して、良順は謙虚に的確に答えた。良順は信念を持っていた。「疾病はその予防に努力すべきだ」ということと、「そのためには汎国民的に衛生思想の普及が大切だ」ということだ。この観点に立てば漢方もオランダ医学も関係ない、両方のいいところを普及すればいいではないか、という論である。

医学館の連中は声を失った。中には共感する者さえいた。良順は合格した。医学館の医者も「漢方だけを墨守すべきではない、オランダ医術も導入すべきだ」という声を立て、良順をリーダーにした。良順は大っぴらにオランダ医学を坪井信道に学び、さらに幕命によって長崎に行き、幕府海軍伝習所付の軍医ポンペに学んでさらに磨きかけた。ポンペは良順のひたむきな姿勢を受し、

「きみは日本の武士の美点をことごとく備えている」と告げた。そして「ふたりで医学伝習所をつくろう」と誘い、日本ではじめての西洋医学を系統立てた学校を設立した。

親幕への傾斜

こういう経過を辿っていたので、良順には当時炎となりつつあった“倒（討）幕”の思想は湧かなかった。「幕府は自分ののぞみをすべてかなえてくれるいい職場」だったのだ。

その思いをさらに助長したのが14代将軍徳川家茂の、かれに対する絶大な信頼であった。主治医に選ばれてからは、家茂は良順を離さなかった。「主治医の職勢は、常時よく家茂の身辺にあって健康を管理することである」と勝手な理屈をつけて、どこへ行くにも良順を連れて歩いた。

家茂の妻は時の帝孝明天皇の妹和宮だったので時折京都にも行った。京都で良順は新選組の局長近藤勇と仲良くなった。懇談の折、近藤が、「俺は幕府のおエラ方は嫌いだが上様（家茂）だけは大好きだ。あの人のためなら命も捨てる」といった。良順は思わず、「私も同じだ」と共鳴した。ふたりは親友になった。

良順はこうして親幕の道を歩いたので、幕府の奥医・法眼兼医学所頭取・歩兵奉行格海軍陸軍医総長という、医官のトップ・ポストに就いた。だから戊辰戦争の時は江戸城が政府軍の手に渡ると、思いを同じくする門人たちを連れて会津に脱走した。戦乱中は負傷兵の手当に走りまわった。

宿題は国民への衛生思想の普及

やがて新政府に抗していた東北諸藩が会津をはじめ降伏すると、良順も捕えられて江戸改め東京に送られた。が、すぐ釈放された。

これは政府軍の中であって、「国軍は武士に限らず農工商を含めたあらゆる階層から選ぶべきである」と、“国民皆兵”を唱える長州出身の山県有朋が、国軍創立の責任者としてかねてから良順

の「国民に対する衛生思想の普及」の主張に着目していたからだ。それに良順は幕府陸海軍の軍医総長でもあった。山県の率いる国軍にはそういう人材がまだいなかった。

もちろん周囲では、「旧幕府に仕えた者を再雇用する必要はなかろう」と反対する者は沢山いた。しかし山県は、「医術だけならたしかにすぐれた人物は沢山いる。しかし“国民への衛生思想の普及”などという、途方もないことを叫ぶ者はかれ以外いない」と、なぜ良順を重用したいかの理由を告げた。山県は長州人で高杉晋作のつくった奇兵隊の幹部であり、吉田松陰の松下村塾の門人でもあった。村塾時代は“ただの棒っ切れ”として馬鹿にされた。だから“疎外される者”の悲哀や屈辱、憤りは身にしみていた。

良順自身は将軍家茂の庇護もあって、幕府時代は別に疎外感を味わったわけではないが、自説の「衛生思想の普及」について共鳴し、自分に接近してきた山県には好感を持った。

つまり、「士はおのれを求める者には命も預ける」という昔の武士の心意気だ。“人生意気に感ず”の俠気でもある。

釈放後、良順は東京の早稲田（新宿区）で私立病院を開いた。誰も祝いにこなかった。新政府の手前を憚ったのだ。

（日本人というのはいつまでたっても同じだ）。良順はそう思ったが気にはしなかった。養子に行く時に幕府医学館の漢方医たちに反対されたことは、やはりトラウマとして頭の一角にこびりついている。しかし「そんなことは些事だ。武士はもっと大局的な立場に立ってものを考えなければいけない」。

それが“衛生思想の普及”なのだ。山県は「それをまず国軍の将兵から始めてほしい」といった。良順は承知した。兵部省に入った。衛生部を設置し、軍医制度の確立に努力した。衛生思想の普及をまず国軍の将兵から始めた。かれの士魂は変らずに燃えつづけた。



地域防災実戦ノウハウ (96)

— 豪雨災害時の市町村の対応上の留意点 (補足) —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門
(消防大学校 客員教授)

1. はじめに

本連載では第81回から前回まで、表1に示す豪雨災害で被災した広島県広島市、茨城県常総市、

岩手県岩泉町、福岡県朝倉市の対応上の課題・対策・留意点を考えてきました。今回はこれまでの連載で詳述・言及できなかった留意点を補足します。

表1 連載第81回～第95回までに取り上げた豪雨災害と検討対象市町村の状況 (概要)

豪雨災害 (検討対象市町村)	検討対象市町村の状況 (概要)
平成26年 8 月 広島市豪雨災害 (2014年 8 月 20 日) (広島県広島市)	○東進していた線状降水帯が特定の地域に止まり、深夜 (1:30～4:00頃) に豪雨をもたらす ○死者77人 (直接死74人、関連死3人) (2018年 2 月 19 日現在) ○避難勧告が遅れた広島市の対応に非難が集中 ○深夜の集中豪雨時の対応の困難さが浮き彫りになった
平成27年 9 月 関東・東北豪雨災害 (2015年 9 月 9 日～11 日) (茨城県常総市)	○鬼怒川上流部 (栃木県日光周辺) の記録的豪雨により下流部の常総市で決壊・氾濫 (氾濫は10日の昼間) ○常総市の死者2人 ○常総市の避難勧告・指示は河川はん濫の前にそれなりに行われていた。しかし、コールセンターシンドロームの発生などにより指示の伝達漏れや不適切さから、多くの人が逃げ遅れるなどの問題が生じた
平成28年 8 月 台風第10号災害 (2016年 8 月 30 日 17:30 頃 岩手県に上陸) (岩手県岩泉町)	○初めて東北地方の太平洋側に上陸した台風第10号により26人の死者が発生。特に、岩泉町ではその88%を占める23人 (関連死2人を含む) が犠牲 (15:00～19:00に強雨、17:00～18:00がピーク) ○岩泉町から伝達された「避難準備情報」の意味をグループホーム関係者が理解できず避難対応が遅れ入所者9人全員が亡くなった (注) ○コールセンターシンドロームの発生により本部機能が大幅に低下
平成29年 7 月 九州北部豪雨災害 (2017年 7 月 5 日) (福岡県朝倉市)	○線状降水帯が当初から同じところに止まり、12:00～21:00 (ピークは昼間) に豪雨をもたらす ○死者39人、行方不明2人 (2017年12月21日現在、朝倉市:死者33人・行方不明2人、東峰村及び日田市:それぞれ死者3人) ○5年前の豪雨体験が生きたといわれている

(注) これが契機となり「避難準備情報」が「避難準備・高齢者等避難開始」に名称変更 (同時に「避難指示」は「避難指示 (緊急)」と変更) された。

2. 豪雨の予測困難性について

進路予報に基づき事前に備えることが可能な台風はともかく、前線や低気圧の活動に伴って発生する豪雨については発生時期・場所・雨量を予測することは困難です（平成26年8月の広島市の豪雨や平成29年7月の九州北部豪雨がこれに該当）。ただし、「豪雨の潜在的可能性」の予測は多くの場合可能です。天気予報で「暖湿気流が前線に向かって流れこむため明日は大雨の危険があります」といったものが、これに該当します。

すなわち、このタイプの豪雨は予測困難性や突発性を特徴としており、油断すると「事（こと）」が発生してからの状況後追い（あとおい）的対応に陥りやすいことを意味しています。これを回避するには、「豪雨の潜在的可能性」が天気予報等で指摘された段階で避難勧告・指示等の対応方法を

細部にわたって確認しておく必要があります。

3. コールセンターシンドロームについて

関東・東北豪雨時の常総市及び台風第10号に伴う豪雨時の岩泉町の災害対策本部でコールセンターシンドローム（殺到する問い合わせ等の電話で災害対策本部機能が麻痺状態に陥る現象）が発生したことについては連載（第87、88、95回）で述べたとおりです。

また、詳細は不明ですが、広島市や朝倉市においても表2、表3のような類似の事態が記録されています。

このようなことから、大きな災害ではコールセンターシンドロームが発生する危険性があるという認識のもとに対策を講じる必要があります。

表2 広島市の事例

消防局危機管理部に災害通報の電話が殺到した時間帯があったという事実を踏まえ、情報の収集・分析や判断を行う職員が外部からの電話等への対応により、本来業務ができない状況が起こらないよう、電話を受ける職員と災害対応の判断を行う職員を分けるなどの対応体制にしておく必要がある。

（筆者注）消防局危機管理部は当時の防災主管部局である。

（出典）「平成26年8月20日の豪雨災害 避難対策等に係る検証結果」、p.69、平成27年1月、8.20豪雨災害における避難対策等検証部会、広島市

表3 朝倉市の事例

今回の災害では、市民等から寄せられる通報に対応する人員が不足するなどにより情報の整理が追い付かない事態も生じた。

（出典）平成29年7月九州北部豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会（内閣府）資料「現地調査・ヒアリング結果」

4. 即時一斉伝達手段について

（1）即時一斉伝達手段のイメージ

広島市、岩泉町、朝倉市の事例でもわかるよう

に、大部分の豪雨災害は豪雨開始から数時間で発生します。このことは、事態の急速な進展に追従でき、かつ確実に全ての住民等へ情報を伝達できる手段が市町村に必要であることを意味します。

そのようなものとして、筆者は全世帯に配備された戸別受信機、防災ラジオ（コミュニティ放送やポケベル電波帯を活用した自動起動ラジオなど）、IP告知端末などをイメージしています。

これらの中では戸別受信機がもっとも普及率が高いのですが、それでも財政的な問題から防災行政無線を整備している1,459の市町村（全市町村1,741団体の83.8%）のうち全戸配備しているのは36.9%（538市町村）にとどまっています（平成29年3月消防庁調査）。現在、消防庁では戸別受信機の普及促進（コストダウン等）に注力しており、近い将来の全戸配備率の飛躍的な向上に期待したいところです。

なお、防災行政無線屋外同報系は広く普及していますが、昔から「聞き取りにくい」（大雨の日であればなおさら）ことが指摘されており、「確実な伝達」に難があるため、筆者は即時一斉伝達手段からは除外しています。

（２）緊急速報メールの運用について

緊急速報メールを運用している市町村は99.4%（平成28年3月31日現在、消防庁震災対策現況調査）となっています。また、携帯電話の普及率は全人口比で120%を超える水準にあります（電気通信サービスの契約数及びシェアに関する四半期データ・平成28年度3月末、総務省）。このことを考慮すると、緊急速報メールは即時一斉伝達手段に準じるものであり、上手に運用すれば大きな効果を期待できます。

しかし、広島市では緊急速報メールは活用されず、常総市ではコールセンターシンドロームの混乱の中で緊急速報メールでの避難勧告・指示の伝達が欠落する事態が発生しました。

広島市については、緊急速報メールを「『緊急性が高く、市又は行政区の大部分に関わる広域的な災害で、大多数の住民等への影響が避けられないものについて使用する』と解釈し、今回のよう

な限定的な地域に対する避難勧告の配信には用いることとしていない」（「平成26年8月20日の豪雨災害 避難対策等に係る検証結果」、p.38、平成27年1月、8.20豪雨災害における避難対策等検証部会、広島市）としていました。

確かに広島市豪雨時の被害地域は8つある行政区のうち安佐南区・安佐北区の2区に限定されました。しかし、「2. 豪雨の予測困難性」で述べたように、現在の気象技術ではいつどこにどれくらいの降雨があるかは予測できません。被害地域が確定するのは豪雨が終息したのちになります。被害地域が限定的かどうかは結果としてわかることであって、豪雨の進行中に判断できることではありません。当時の豪雨進行中に被害は安佐南区・安佐北区に集中し他の区には被害が及ばないと自信をもって判断できた人は一人もいないはずです。豪雨の進行中は管内のどこでも豪雨になる可能性があると考えて対処するのが適切です。

視点は異なりますが、広島市の検証報告書でも緊急速報メールは「災害に関する情報については限定的に使用する必要はないと思われるため改善すべきである。」（同p.68）としています。

地域限定（地域の絞り込み）に注意が行き過ぎると災害対策要員の負荷をいわずらに高めてしまうだけでなく、緊急速報メールの即時一斉伝達機能の活用機会を失ってしまう恐れもあります。そうなってしまつては本末転倒です。そこで提案するのが地域限定に神経質にならずに済む次のようなメール文案です（下線部がミソ）。

「現在、市内の〇〇地区及び△△地区で猛烈な雨となっており、災害発生の危険が非常に高まっていることから両地区に午前2時30分に避難勧告を発令しました。これらの地区の方は・・・・・・。その他の地区でも今後危険が高まる恐れがありますので十分注意してください。」

後日、他地区の市民から「夜中の緊急速報メー

ルで起こされて眠れなかった。うちの地域では被害がなかったのに迷惑だ！」との苦情電話がありましたら、「私たちは市民の皆さんの生命を守る立場から避難勧告を発令しました。たまたま皆さんの地域では被害が出ませんでした、皆さんの地域が〇〇地区や△△地区と同じ状況になる恐れも十分にありました。」と答えてください。

いかなる場合も躊躇せずに緊急速報メールの活用をお願いいたします。

（３）登録制メール

市町村の62.7%は登録制メールサービス（登録した住民等に対するメール配信サービス）を行っています（平成28年3月31日現在、消防庁震災対策現況調査）。

緊急速報メールは文字通り緊急時（避難関係情報の伝達時など）に使用されるものであり、文字数制限（200～500文字、運用上は200文字としている市町村が大部分だと思われます）もあります。一方、登録制メールは使用シーン、文字数とも条件が緩やかですので登録率が高ければ強力な即時一斉伝達手段になりえます。

東京都、神奈川県、静岡県の各市町村及び東京23区を対象とした調査によれば、「市区町村人口に対する登録者数は平均で7.9%、最大は31.3%でした。人口が50万人を超える市区町村では登録人口は15%以下であり、大きな市町村ほど登録人数が伸び悩む傾向がみられた。」（※）と報告され

ています。

※大原美保：自治体による PUSH 型・PULL 型の災害・避難情報伝達に関する実態調査、日本地震工学会論文集、第15巻第5号、2015

現状の登録率では即時一斉伝達手段にはなりませんが、緊急速報メールでは扱いにくい情報を一定の層に早い段階から詳細に伝達しうるため、連載第84、88回で述べた「警戒避難段階のリスクコミュニケーション」に適した手段といえます。今後の登録率の伸長に期待したいところです。

５．深夜の対応について

もし、広島市豪雨が昼間であったならば、おそらく被害は大きく軽減できた可能性があるかと筆者は考えます。昼間であれば、行政や住民が降雨や周囲の状況を視認できることから、より早い判断と適切な行動の可能性が格段に高まるからです。

逆に常総市、岩泉町、朝倉市の河川はん濫や豪雨が深夜であった場合には、はたしてどのような事態になっていたかを想像すると大変怖くなります。

担当者の方々にはもっとも過酷な条件となる深夜の豪雨災害への対応方法を詰めておかれることをお願いいたします。

ノンオイルフライヤーから出火した事例

横浜市消防局瀬谷消防署 飯 野 宣 昭

1 はじめに

本事案は、油を使用せずに揚げ物ができるノンオイルフライヤー（以下「フライヤー」という。）から出火した事例である。近年、健康志向が進み今後同種の機器における火災発生が懸念されることから、今後の参考として紹介する。

2 火災の概要

- (1) 出火日時 平成29年10月 19時56分頃
- (2) 覚知日時 平成29年10月 20時35分
- (3) 鎮火日時 平成29年10月 20時05分（事後聞知のため覚知日時の前となっている）
- (4) 焼損程度 耐火構造地上6階建て遊技場の1階カフェブースにおいて、フライヤー1台、壁面及びカウンター若干焼損
- (5) 死傷者 なし
- (6) 気象状況 曇り、北の風5.3m/秒、気温24.5℃、相対湿度52%

3 関係者の口述

(1) 発見者

出火当日は朝出勤して、元々使っていたフライヤーのタイマースイッチを入れたところ、ラ

ンプがつかなかったので故障だと思い、予備として置いていたフライヤーを出して使っていた。燃える前までに2回くらい使い、燃えたときはその日3回目の使用だった。19時30分過ぎ頃、ホールスタッフから頼まれてチキンナゲットをフライヤーで揚げ始めた。そのすぐ後に、客の注文を受けるためホール内の巡回に行った。注文を受けカフェブースに戻ると、フライヤーから煙が出ていたのでまずフライヤーの電源を切った。次に電源コードを抜いて振り向くとフライヤーから炎が見えたので、ホールに走って行きスタッフに火事であることを伝えた。巡回のあとカフェブースに戻ってきたときに、近くに人はいなかった。燃えた時にフライヤーの使用感到異常は感じなかった。また、元々使っていた故障したフライヤーは、1日に4回くらいは使っていた。

(2) カフェブース運営会社社員

今回の火災で焼損したフライヤーは、平成28年11月頃、別の遊技場のカフェブースで使用するものも含めて、同じ機種を合計4台購入した。4台のうち1台は、他県の家電量販店で新品のものを購入した。あとの3台は、インターネット上のフリーマーケットで購入した。この3台のうち、1台は新品と記載のあるもので、他の2台は1、2回使用と記載のあるものを購入した。今回の火災で焼損したフライヤーが新品の

ものか1、2回使用と記載のあるものかはわからない。確認する方法もない。

4 現場見分状況

カフェブース内を見分すると、業務用冷蔵庫の上に焼損したフライヤーが認められる。また、カフェブース内カウンターの北端が焼損しており、壁面にも焼損が認められる（写真No.1及び写真No.2）。見分の立会人にフライヤーの位置について

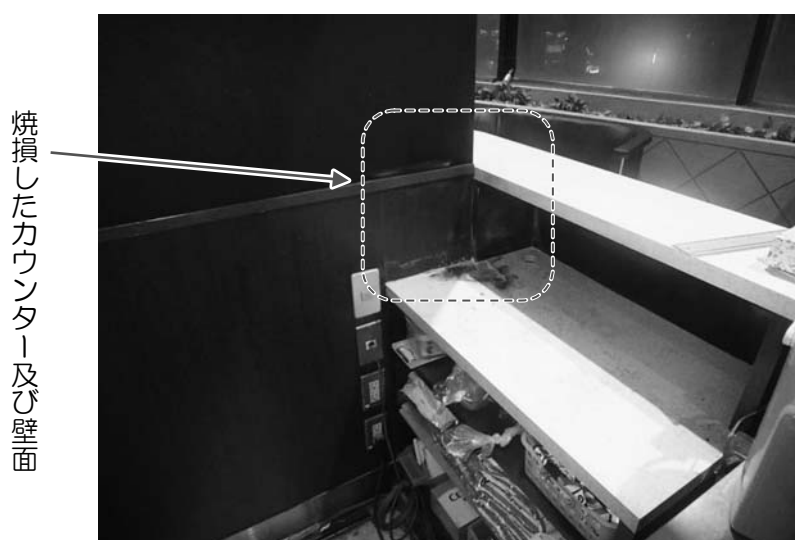
質問すると、鎮火後に元々置いていたカウンター北端の位置から移動させたとのことである。

続いてフライヤー外観を見分すると、本体外装下部の合成樹脂が溶融しており、内部の電気配線が露出している（写真No.3）。また、フライヤーの鍋内部を見分すると、未調理の状態のチキンナゲットが認められる。鍋の内壁及びグリルネットに焼損は認められない（写真No.4）。フライヤー底部には、製造元及び発売元会社名、電圧、周波数、消費電力等の記載のあるステッカーが認めら



焼損したフライヤー

写真No.1 カフェブース内の状況



焼損したカウンター及び壁面

写真No.2 カフェブース内カウンター北端の状況



写真No. 3 フライヤー外観の状況



写真No. 4 フライヤーの鍋内部の状況

れる。

出火時のフライヤーの位置について、立会人の証言に基づき現場を復元すると、フライヤーはカウンター北端の壁面との距離約 3 cm の位置にあ

り、電源コードが西側の三口テーブルタップに接続され、三口テーブルタップは西側柱の壁付コンセントに接続されている（写真No. 5）。復元後のフライヤー位置詳細について図 1 に示す。



写真No. 5 フライヤーの出火時の状況

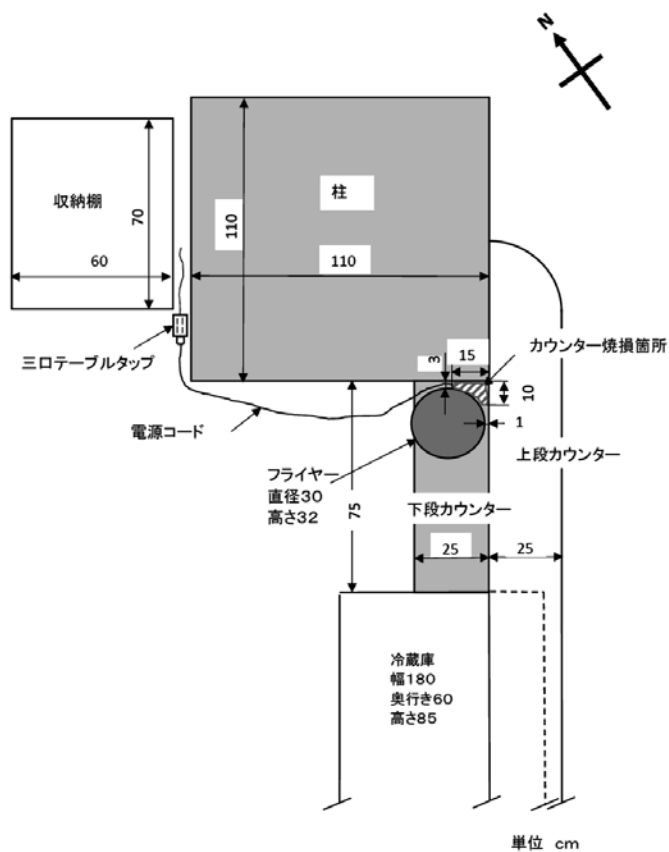
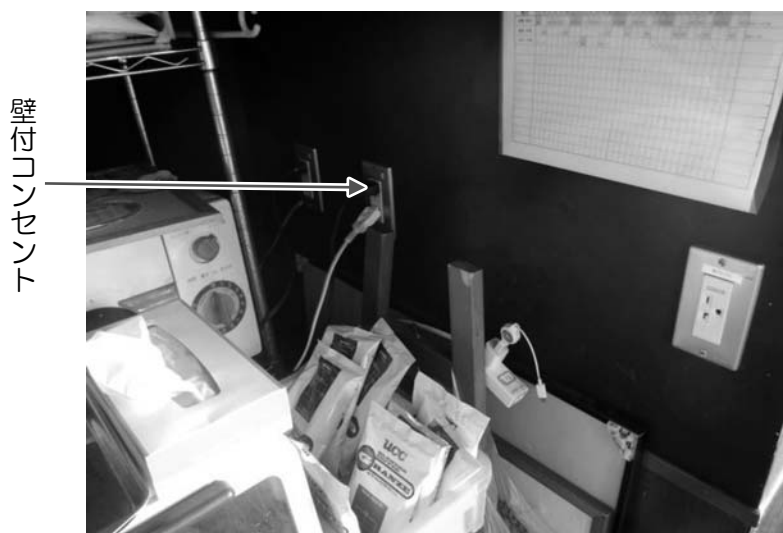


図1 フライヤー位置詳細図（復元後）

三口テーブルタップ及び壁付コンセントに焼損は認められない（写真No. 6 及び写真No. 7）。



写真No. 6 三口テーブルタップの状況



写真No. 7 壁付コンセントの状況

フライヤーの焼損状況から、フライヤー内部からの出火の可能性があるため、関係者から焼損したフライヤーと火災当日に使用しようとした際に電源が入らなかった同型品計2台の提供を受け、フライヤー底部に貼付されたステッカー記載の発売元会社に連絡を取り、後日、発売元会社社員と当局鑑識員及び本件火災調査担当職員により鑑識を行うこととした。なお、事前調整の際に発売元会社からフライヤー取扱説明書等の関係資料の提供を受けた。

5 鑑識実験

鑑識を実施する資料はフライヤー2台で、本件現場において焼損したもの（以下「焼損品」という。）及び電源の投入が不可になり廃棄予定であったもの（以下「同型品」という。）である（写真No.8）。鑑識は、発売元会社社員1名、当局鑑識員1名及び本件火災調査担当職員の計3名により行う。



写真No. 8 鑑識資料

(1) フライヤー製品情報等

発売元会社社員から聴取した情報は次のとおり。

ア 販売期間

平成25年5月から平成28年3月まで

イ 販売台数

約42,000台

ウ 過去の事故等

なし

(2) 分解鑑識

分解鑑識は、必要に応じ同型品及び焼損品の同箇所をそれぞれ分解し比較しながら進める。

外観については写真No. 8のとおり、焼損品の外装合成樹脂に溶融し焼損している箇所が認められる。焼損箇所をさらに見分すると、電線の絶縁被覆が一部焼損している。また、電源の入切を制御するマイクロスイッチに焼損が認められる（写真No. 9）。



マイクロスイッチ

写真No. 9 焼損箇所



写真No.10 鍋内部の状況



写真No.11 鍋挿入部の状況

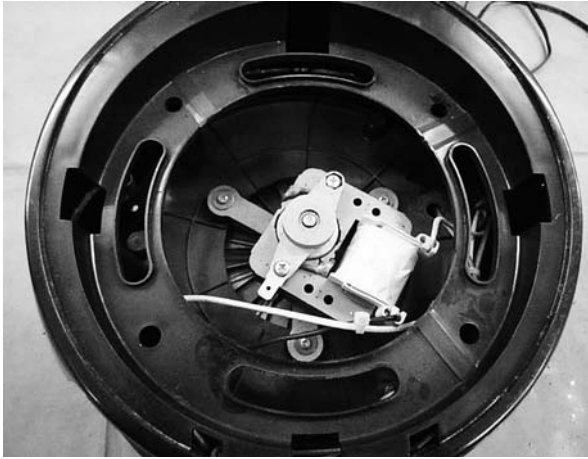
次に、鍋を引き出し内部を見分すると、グリルネットに焼損は認められず、鍋底部には少量の油かすがあるものの焼損は認められない（写真No.10）。

また、フライヤー本体の鍋挿入部を見分するも、焼損は認められない（写真No.11）。

更に、操作パネル部及び天板を工具を用いて展開し見分すると、電線及び排気ファン駆動用のくま取りモーターが認められるが焼損は確認できない（写真No.12及び写真No.13）。

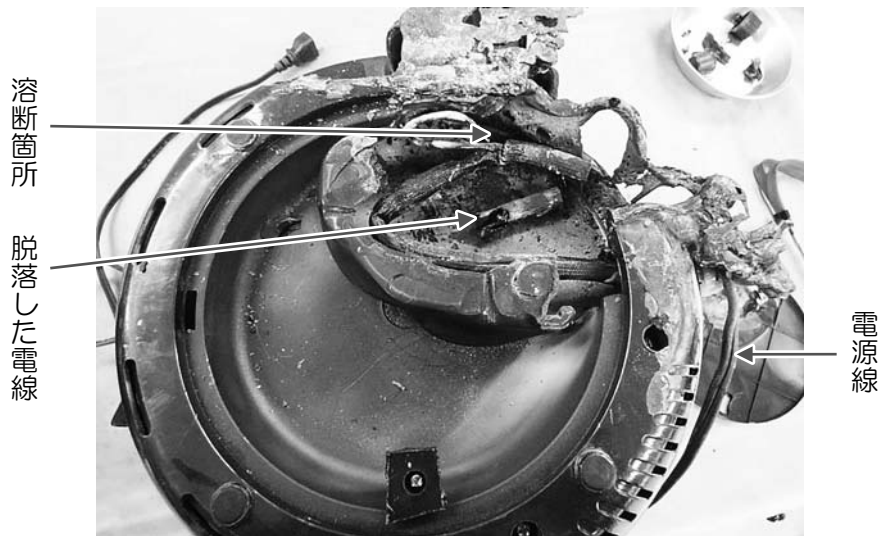


写真No.12 操作パネル部及び天板展開後の状況

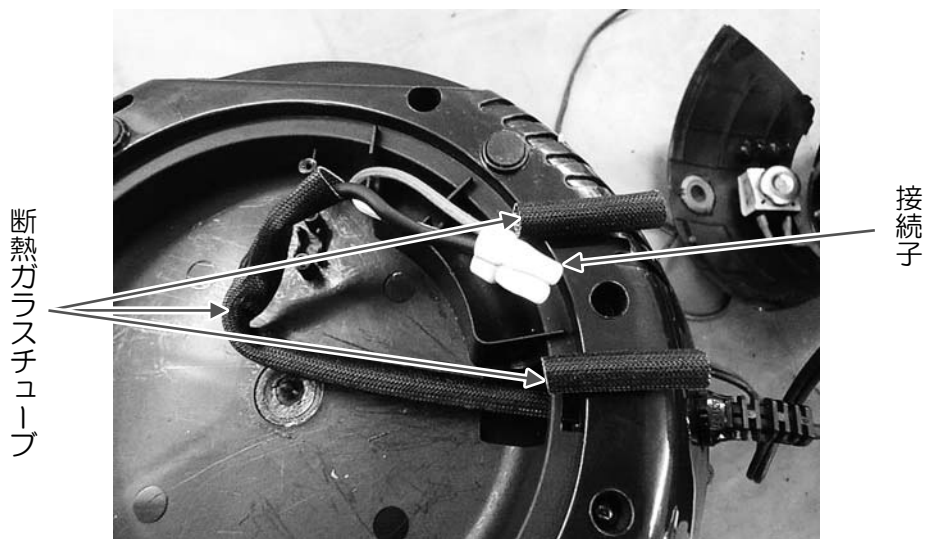


写真No.13 くま取りモーターの状況

続いて、底板を工具を用いて展開し底部の状況を見分すると、フライヤー底部を形成している合成樹脂の熔融及び断熱ガラスチューブ近傍の電線が溶断し脱落しているのが認められる（写真No.14）。同型品の同じ部分について展開し見分すると、一次側電源線が本体内に入り、絶縁被覆付き電線が断熱ガラスチューブで保護され、絶縁被覆付き閉端接続子（以下「接続子」という。）で分岐し赤色被覆の電線及び黒色被覆の電線へと繋がる部分が納められている。接続子部分についても、断熱ガラスチューブで保護されている（写真No.15）。



写真No.14 焼損品底板展開後の状況



写真No.15 同型品底板展開後の状況



写真No.16 マイクロスイッチ設置部分の状況

同型品で見られた接続子を用いた分岐先の電線被覆の色を確認するため、焼損品フライヤー本体を形成している合成樹脂を超音波カッターを用いて切断し、マイクロスイッチ設置部分を露出させると、赤色被覆の電線がマイクロスイッチに接続されているのが認められる（写真No.16）。

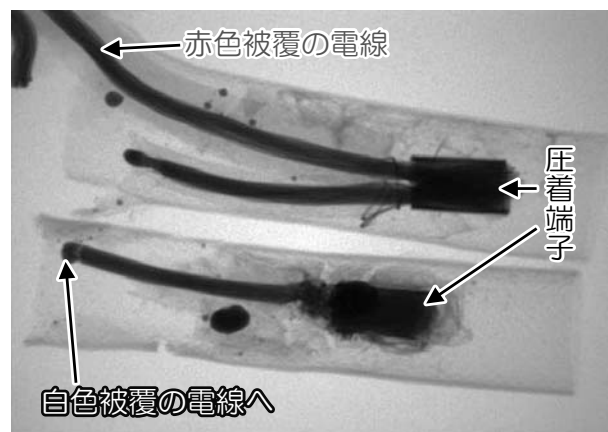
(3) 非破壊観察

非破壊観察については、当局保有のX線透視装置を用いて行う。

まず、焼損品の電源線を分岐している接続子を保護する断熱ガラスチューブのX線撮影箇所可視画像及び透視画像を撮影し、写真No.17及び写真No.18に示す。



写真No.17 断熱ガラスチューブの可視画像

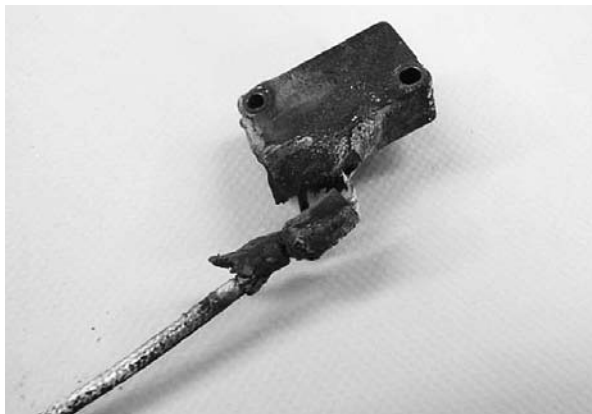


写真No.18 同左透視画像

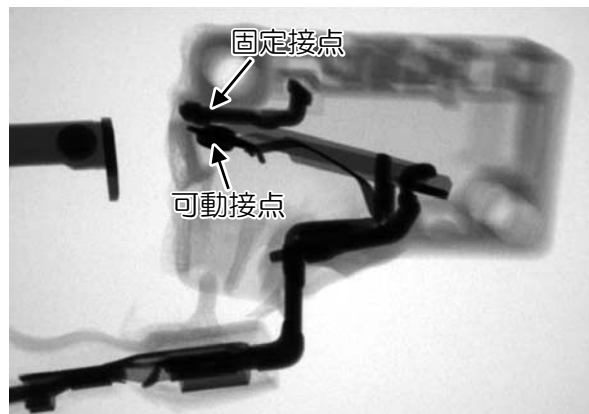
透視画像から、接続子内の圧着端子は原形をとどめているが、電線が短絡した際に生成される銅粒の円形の濃い陰影が数箇所確認できる。また、

電線の溶断箇所に円形の溶痕も認められる。

続いて、マイクロスイッチの可視画像及び透視画像を写真No.19及び写真No.20に示す。



写真No.19 マイクロスイッチ可視画像

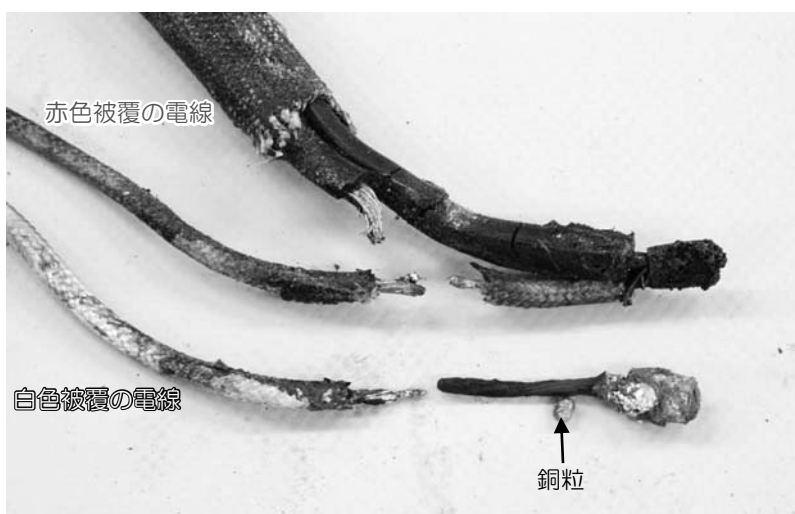


写真No.20 同左透視画像

透視画像から、マイクロスイッチ内部の固定接点及び可動接点に溶痕は認められず、内部の他の部分についても溶融または焼損は認められない。

非破壊観察の結果から、マイクロスイッチ内部には焼損が認められないため、溶痕及び銅粒と思われる陰影が確認された接続子を保護する断熱ガ

ラスチューブを除去し、目視にて観察すると、白色被覆の電線側の接続子内部圧着端子に溶融が見られ、銅粒が確認できる。また、赤色被覆の電線及び白色被覆の電線の溶断箇所にも溶痕が認められ、溶断位置がほぼ同じ位置であることが確認できる(写真No.21)。



写真No.21 断熱ガラスチューブ除去後の状況

(4) 簡易燃焼試験

フライヤーの本体を形成している合成樹脂の燃焼性状を把握するため、有炎火源を用いた簡易燃焼試験を実施する。

焼損品の底板の一部を切り取り、有炎火源に接炎させると、接炎後約4秒で着火し、自己消火せずオレンジ色の炎をあげて燃焼を継続する(写真No.22)。



写真No.22 簡易燃焼試験の状況

6 調査結果

以上の調査結果から、出火原因として考えられるのは

- (1) 電源線分岐部の圧着不良による接触部過熱に伴う電源線絶縁被覆の溶融
- (2) フライヤー底部断熱板からの伝熱による電源線絶縁被覆の絶縁劣化
- (3) フライヤー使用時の排気口と壁面との離隔距

離不足によるフライヤー内部蓄熱に伴う電源線絶縁被覆の絶縁劣化

といった複合的な要因により、露出した電源線の異極間で短絡が発生、短絡火花がフライヤー本体を形成している合成樹脂に着火し、出火したものと判定した。

7 おわりに

本件火災は、遊技場職員が火災発生から早期に初期消火を実施し鎮火に成功したため、被害の拡大が最小限で止まるとともに、フライヤーの発売元会社が火災原因調査に非常に協力的であり、資料の提供や鑑識への立会い等調整も円滑に進めることができた。

以上のことから、調査結果についても一定程度の結論を導き出すことができた。

1995年7月の製造物責任法施行以降、製造物の欠陥により製造者の損害賠償責任が厳しく問われるようになったと同時に、我々消防機関の火災原因調査業務における責任も厳しく問われているものと捉え、今後更に適切な業務遂行に精励したい。

編集後記

- 人工知能（以下 AI という。）を防災・減災に役立てようとする研究が国をはじめいろいろな分野で取り組みが行われております。

今年3月に開催された公開シンポジウム（防災・減災の AI イノベーション戦略と挑戦）では、AI を防災・減災に活用し、災害時の情報の収集、整理、分析等を人間の限界を超えて可能にする仕組、産学共同で設立された電腦防災コンソーシアムの取組などが紹介されました。

今後の AI による災害対策のソリューションに期待して、本号では「消防・防災と人工知能（AI）」を特集しました。

- 平成で最悪の豪雨災害といわれた「平成30年7月豪雨」では、西日本を中心に洪水や土砂災害が発生し、死者・行方不明者229名、住家の被害全半壊7380棟（消防庁7月30日現在）となる大災害となっております。

雨が止み、復旧・復興が急がれる中旬以降は、各地で猛暑に見舞われ、さらに、小笠原諸島の東海上を北上していた台風12号が、進路を西寄りに変え、三重県伊勢市付近に上陸後も西進を続け中国地方を通過して福岡県再上陸しており

ます。猛暑、台風に祟られた被災地の、復旧・復興の遅れが心配です。

犠牲になられ方のご冥福をお祈り申し上げ、被災された方々に衷心よりお見舞い申し上げます。

- 人間は産業革命以降、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料を大量に使用しながら経済発展を続け、豊かな生活を確保してきました。一方では、地球温暖化の可能性が極めて高いと考えられている二酸化炭素（温室効果ガスの中で大きな割合を占める）が環境に大きな負荷をかけることになっております。

人間が植物の光合成を真似することができれば環境問題、食糧問題が解消するかもしれない（ふしぎの植物学）とありましたが、二酸化炭素を「人工光合成で有機物に変換」、「余剰電力を活用して燃料に変換」、「化学反応を促す触媒で樹脂に変換」するなどの夢の実現に向けた研究成果が報道（6/17日経）されております。

研究成果の早期実用化に期待したいと思えます。

〔本誌から転載される場合にはご連絡願います。〕

季刊「消防防災の科学」 No.133 2018. 夏季号

発行 平成30年8月31日

発行人 望月達史

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <http://www.isad.or.jp>